RÉSULTATS

DES

CAMPAGNES SCIENTIFIQUES

DU

PRINCE DE MONACO

Ce Fascicule a été publié et le dépôt fait au Gouvernement à Monaco

le 20 juin 1938

LIBRARY
FISH & WILDLIFE SERVICE
PACIFIC OCEANIC FISHERY
INVESTIGATIONS

RÉSULTATS

DES

CAMPAGNES SCIENTIFIQUES

ACCOMPLIES SUR SON YACHT

PAR

ALBERT Ier

PRINCE SOUVERAIN DE MONACO

PUBLIÉS SOUS SA DIRECTION

AVEC LE CONCOURS DE

M. JULES RICHARD

Docteur ès-sciences, chargé des Travaux zoologiques à bord

FASCICULE XCVIII

Recherches de Physiologie comparée faites à bord de la PRINCESSE ALICE

Par PAUL PORTIER

IMPRIMERIE DE MONACO

1938

RECHERCHES

DE

PHYSIOLOGIE COMPARÉE

FAITES A BORD DE LA *PRINCESSE ALICE*

RECHERCHES
DE
PHYSIOLOGIE COMPARÉE
FAITES A BORD DE LA *PRINCESSE ALICE*

PAR

PAUL PORTIER

I. — RECHERCHES SUR LE MILIEU INTÉRIEUR DES ANIMAUX MARINS.

(CONCENTRATION MOLÉCULAIRE DES LIQUIDES DES ANIMAUX MARINS. RECHERCHES SUR LE MILIEU INTÉRIEUR DU COTTUS GROENLANDICUS *DES FJORDS DU SPITZBERG).*

INTRODUCTION

Le présent Fascicule des Campagnes de S. A. S. le Prince de Monaco contient le résultat des recherches physiologiques que j'ai eu l'occasion de poursuivre à bord de la *PRINCESSE ALICE*.

Un Fascicule (XCV, 1936) concernant les expériences faites avec le très regretté Charles Richet sur la toxine des Physalies, recherches qui ont abouti à la découverte de l'anaphylaxie, a été publié antérieurement.

Parmi les travaux que j'expose ici, les plus importants me semblent être ceux qui ont trait au « milieu intérieur ».

Le *Cottus groenlandicus* que j'ai eu l'occasion d'étudier dans les fjords du Spitzberg présente un cas d'adaptation extrêmement remarquable.

Il est très désirable que l'étude physico-chimique de son sang soit poursuivie en utilisant toutes les ressources de la technique moderne. Étant donné ce que j'ai déjà observé, il ne me semble pas douteux qu'on découvrira des faits entièrement nouveaux et de première importance.

A ce sujet, je demande la permission de présenter une remarque d'ordre général.

Sur le bateau-laboratoire des océanographes, le travail des expérimentateurs : physiologistes, bactériologistes, se présente d'une manière différente de celui du zoologiste.

Celui-ci examine les animaux capturés, les détermine ou, s'ils sont nouveaux, les rapporte dans un liquide conservateur, ce qui lui permettra de les étudier tout à loisir au retour, de les décrire, de les figurer, de leur donner un nom, de leur donner une place dans les cadres de la classification.

Ceci fait, sa besogne est terminée.

Le physiologiste, le bactériologiste doivent déjà dans leurs laboratoires de terre ferme exécuter des manipulations délicates ; mais celles-ci deviennent très ardues, très fatigantes, parfois même impossibles sur le bateau, surtout lorsqu'un fort roulis se met à sévir.

Malgré leur ardeur au travail, les expérimentateurs se trouvent souvent dans l'impossibilité de terminer leur recherche en mer ; ils devront la compléter au retour.

C'est ce qui nous est arrivé avec M. Charles Richet à propos de nos études sur la toxine des Cœlentérés.

Les expériences d'immunisation qui exigent de très nombreux animaux devant être conservés longtemps, ne pouvaient être exécutées sur le bateau.

C'est seulement au retour, dans les laboratoires de la Faculté de Médecine et de la Sorbonne que nous avons pu les mener à bien ; et c'est alors que le fait nouveau de l'anaphylaxie s'est présenté à nous.

La même évolution s'est produite à propos des recherches sur le « milieu intérieur ».

Commencées dans les fjords du Spitzberg, et ayant donné des résultats de grand intérêt, elles se sont prolongées au retour et le laboratoire de l'Institut océanographique s'est spécialisé dans cette question si importante pour l'océanographie.

De nombreuses expériences sur la concentration moléculaire envisagée au point de vue *statique*, d'autres envisagées au point de vue *dynamique* (changements du milieu intérieur en fonction des variations du milieu extérieur) ont été poursuivies au laboratoire de Physiologie des Êtres marins.

Ces recherches en 1937 avaient donné lieu à plus de 130 notes ou mémoires et à 3 thèses de doctorat-ès-sciences et le sujet est loin d'être épuisé.

Il m'est évidemment impossible de donner ici une idée de ces travaux.

A la suite du mémoire sur le *Cottus*, j'indiquerai seulement les faits les plus importants qui ont été mis en évidence par ces recherches et j'y joindrai quelques indications bibliographiques.

LE MILIEU INTÉRIEUR

Conception générale du milieu intérieur

Le physiologiste pense que c'est une pure illusion de distinguer parmi les êtres vivants des types aériens ou terrestres d'une part et aquatiques d'autre part.

Pour lui, tous les êtres sont aquatiques. Il faut entendre par là que les éléments anatomiques qui, par leur réunion, constituent les tissus, baignent

dans un liquide, lequel leur fournit les matériaux nutritifs dont ils ont besoin et qui emporte aussi les produits de déchet résultat des métamorphoses chimiques accomplies dans leur intimité.

On conçoit qu'à ce point de vue, il importe peu au biologiste qu'un animal respire l'oxygène en nature ou extraie cet oxygène de sa dissolution aqueuse ; d'autant que l'oxygène à l'état gazeux doit se dissoudre dans la mince couche d'eau qui recouvre l'intérieur du poumon avant de pénétrer dans le sang de l'animal.

Ainsi, les cellules de tous les êtres vivants vivent au sein d'un liquide, et c'est lui que l'on désigne sous le nom de *milieu intérieur*.

Ce liquide est constitué par le plasma qui a transsudé au niveau des capillaires artériels et par la lymphe qui remplit les mailles du tissu lacunaire.

Mais en raison de difficultés d'ordre technique, le liquide que l'on étudie chez les animaux supérieurs, est le plasma du sang et, par extension, le sang complet prélevé dans le système artériel ou dans le cœur de l'animal.

Les éléments anatomiques vivent donc dans le milieu intérieur comme les poissons vivent dans un aquarium.

Un aquarium peut être très primitif : une simple cuve. Les poissons trouveront difficilement à s'y nourrir ; plus difficilement encore l'oxygène nécessaire à leur respiration, s'ils sont nombreux. Ils subiront les variations de température de l'atmosphère qui entoure l'aquarium.

Ce seront seulement des espèces très rustiques qui pourront vivre d'une vie bien précaire dans de telles conditions.

L'aquarium peut, au contraire, être très perfectionné, garni de plantes vertes convenablement choisies qui assureront l'oxygénation de l'eau et feront disparaître les déchets nocifs éliminés par les poissons.

Une source de chaleur maintiendra à la température la plus favorable l'eau qui entoure les poissons. Ceux-ci, assurés de conditions satisfaisantes, pourront être des espèces exotiques aux formes surprenantes, aux coloris somptueux.

Un coup d'œil jeté sur la nature qui nous entoure, nous révèle entre les êtres vivants, des contrastes aussi frappants que celui que nous venons d'évoquer.

Certains êtres sont *asservis aux conditions extérieures*. En hiver, lorsque la température se rapproche de 0° dans nos régions, ou lorsqu'une sécheresse trop accentuée sévit dans les contrées tropicales, nous les voyons tomber en état de vie ralentie ou même de mort apparente.

C'est le sort des Invertébrés et des Vertébrés inférieurs (Batraciens réfugiés dans des cavités souterraines, Poissons enfoncés dans la vase, Insectes tapis sous les écorces).

Quant aux Végétaux, il faut, pour la plupart d'entre eux, un examen attentif pour décider si, pendant la saison d'hiver, ils sont réellement morts ou seulement à l'état de vie latente.

Par contre, d'autres animaux semblent plus indépendants des conditions extérieures.

Les Mammifères, les Oiseaux, mènent en hiver une vie aussi active qu'en été. Une étude un peu précise de leur nutrition montre même qu'elle est d'autant plus intense que la température est plus basse.

Ces différences si frappantes sont en rapport avec des différences correspondantes dans le milieu intérieur des animaux considérés. Les animaux qui sont indépendants dans une large mesure des variations du milieu externe sont ceux qui possèdent un milieu intérieur permanent, constant grâce à la présence de mécanismes régulateurs perfectionnés.

De ces remarques résulte le grand intérêt, pour le biologiste, de l'étude du milieu intérieur et de ses mécanismes d'autorégulation.

Caractéristiques du milieu intérieur

Claude Bernard auquel nous devons la première conception claire du milieu intérieur en distinguait trois principales : humidité, oxygène, chaleur.

Nous avons fait un assez grand nombre de déterminations de température chez les animaux marins. Elles sont réunies dans un chapitre spécial.

Quant à la caractéristique d' « humidité », sa conception, grâce aux recherches des physico-chimistes, s'est considérablement modifiée durant ces vingt dernières années.

Après bien des incertitudes et des tâtonnements, les physiologistes ont adopté comme test la *concentration moléculaire*, c'est-à-dire le nombre total de molécules contenues dans l'unité de volume, sans égard à la nature de ces molécules.

On sait que cette caractéristique physico-chimique règle la pression osmotique.

Ceci ne veut pas dire que nous entendons assimiler étroitement la cellule des tissus à un osmomètre.

Nous savons que la couche externe du protoplasme de beaucoup de cellules peut se comporter *transitoirement* comme une membrane semi-perméable ; mais nous n'oublions pas que la plasmolyse ainsi obtenue ne persiste pas.

Nous savons aussi que d'autres facteurs que la pression osmotique interviennent pour régler les échanges entre les cellules et le milieu intérieur, notamment : l'imbibition, la présence de lipoïdes dans la membrane et la charge électrique de cette membrane.

Si nous choisissons la concentration moléculaire, c'est que pratiquement elle est facile à déterminer ; qu'en première approximation, elle rend compte des phénomènes observés ; qu'en particulier, les mécanismes d'autorégulation maintiennent à un niveau à peu près constant ce facteur physico-chimique et qu'ainsi ce choix se trouve légitimé *a posteriori*.

Méthodes physico-chimiques employées

Les déterminations directes de la pression osmotique au moyen de l'osmomètre sont très difficiles à réaliser.

Ainsi, l'eau de mer séparée de l'eau distillée par une membrane semi-perméable provoquerait l'ascension d'une colonne de 240 mètres de hauteur.

D'autre part, cet équilibre étant long à se réaliser, les liquides biologiques seraient en proie aux phénomènes de putréfaction ; enfin, il serait pratiquement impossible de maintenir constante la température.

Pour toutes ces raisons, on remplace la méthode osmométrique par la détermination de l'abaissement du point de congélation du liquide que l'on veut étudier.

On sait que, tandis que l'eau distillée se congèle à o degré (détermination du zéro thermométrique), une solution se congèle au-dessous de zéro degré, et cet *abaissement du point de congélation* est d'autant plus marqué que la concentration moléculaire de la solution est plus grande.

L'abaissement du point de congélation est d'autre part fonction du nombre des molécules présentes dans l'unité de volume, donc de la concentration moléculaire ; on sait d'autre part que la *nature des molécules* n'a aucune influence sur la pression osmotique ou l'abaissement du point de congélation.

Ainsi, pratiquement, pour déterminer la concentration moléculaire d'une solution saline ou d'un liquide biologique, il suffit de posséder un cryoscope muni d'un thermomètre qui donne le centième de degré.

L'abaissement du point de congélation Δ ayant été déterminé, il suffit pour avoir la pression osmotique correspondante d'appliquer la formule :

$$\Pi \text{ (en atmosphères)} = 12{,}03 \times \Delta \text{ (en degrés centigrades)}$$

Ainsi l'eau douce qui contient très peu de sels se congèle à — 0°,02.

Sa pression osmotique sera

$$\Pi = - 0{,}02 \times 12{,}03 = 0^{at},2406$$

ou bien en mètres d'eau $2^{m},406$.

L'eau de mer qui se congèle à — 2°,00 aura une pression osmotique de

$$\Pi = - 2°{,}0 \times 12{,}03 = 24^{at},06$$

ou $240^{m},60$.

En possession de ces méthodes simples et pratiques, nous allons résumer les recherches qu'elles nous ont permis de mener à bien au cours des campagnes auxquelles nous avons participé sur la *Princesse Alice*.

CONCENTRATION MOLÉCULAIRE DES LIQUIDES DES OISEAUX ET MAMMIFÈRES MARINS

En raison de la difficulté de se procurer des matériaux d'étude, on possède peu de renseignements certains sur la pression osmotique des humeurs des vertébrés homéothermes marins.

Au cours d'une Expédition scientifique dirigée en 1906 au Spitzberg par le Prince de Monaco, j'ai pu recueillir sur le sujet en question quelques documents que je vais résumer et discuter.

I. — Mammifères marins

Mes observations ont porté sur des animaux appartenant à deux ordres, celui des Cétacés et celui des Pinnipèdes.

1° *Cétacés.* — La littérature scientifique possède déjà un certain nombre de données au sujet de la concentration moléculaire de ces mammifères.

Rodier [1] détermine la température de congélation du sérum ou du sang du marsouin.

Un premier exemplaire lui donne pour le sérum Δ : — 0°74.

Un deuxième exemplaire lui donne pour le sang Δ : — 1°21.

L'auteur rejette ce dernier chiffre évidemment trop bas ; il suppose que le sang de l'animal avait été envahi par l'eau de mer.

Jolyet [2] détermine le point de congélation des liquides organiques du dauphin (*Tursiops tursio*). Les résultats sont précieux, car l'animal est arrivé vivant au laboratoire d'Arcachon, et le prélèvement des liquides a pu être fait dans des conditions qui excluent toute contamination par l'eau de mer.

Voici les chiffres de l'auteur.

Liquide péricardique	Δ : — 0°80
Sérum sanguin	Δ : — 0°83
Liquide céphalo-rachidien	Δ : — 0°81

Observations personnelles. — Elles ont été faites sur un grand Balénoptère capturé la veille par un navire baleinier et remorqué jusqu'à l'établissement de dépeçage de Green-Harbour. Le cétacé est hissé au moyen de treuils à vapeur sur un plan incliné et dépecé sur la terre ferme.

Le sang s'écoule chaud à mesure que des quartiers de lard sont découpés sur la périphérie de l'animal.

Je recueille deux échantillons au niveau de deux blessures différentes.

Voici les résultats obtenus :

Sang. Premier échantillon	Δ : — 1°35
— Deuxième échantillon	Δ : — 1°17

Évidemment ces températures sont bien trop faibles ; il y a certainement eu mélange intime d'eau de mer et de sang, et les chiffres obtenus sont inutilisables bien qu'on ait pris la précaution de prélever le sang dans les parties profondes des tissus.

[1] Rodier. *Bulletin de la Société scientifique d'Arcachon*, 1900.

[2] Jolyet. Sur quelques conditions de l'adaptation des mammifères cétacés à la vie constante aquatique, *Comptes-rendus Société de Biologie*, 1902, 54, p. 293.

J'ai tenu à citer ce nouveau résultat qui est à rapprocher de celui de Rodier afin de montrer avec quelle prudence il faut opérer pour avoir des chiffres exacts de la pression osmotique des humeurs des grands mammifères marins.

Ceux-ci, après leur mort, doivent être remorqués jusqu'à l'usine d'équarrissage et, durant ce trajet, probablement même au moment de l'agonie, une quantité d'eau plus ou moins considérable pénètre dans le poumon où elle est rapidement absorbée. Elle vient alors diluer les plasmas de l'économie et en modifie considérablement la pression osmotique.

On sait en effet que l'eau de mer de l'Atlantique se congèle à une température un peu inférieure à — 2 degrés.

Carrara[1] s'est livré à une étude systématique à ce point de vue. Il a noyé des animaux, soit dans l'eau de mer, soit dans l'eau douce et a déterminé ensuite le point de congélation du sang prélevé dans les cavités du cœur. La pression osmotique est très considérablement élevée après la submersion dans l'eau de mer, très abaissée au contraire pour l'eau douce. La conductivité électrique varie parallèlement dans les deux cas.

Ces recherches ont même conduit à une application pratique en médecine légale, celle du diagnostic de la mort par submersion.

Une autre circonstance contribue encore à accroître la pression osmotique des grands mammifères aquatiques. En raison de l'écran de graisse qui les préserve contre la déperdition de la chaleur interne, leurs organes se conservent, même dans les contrées polaires, pendant très longtemps à une température supérieure à 30 degrés. Dans ces conditions, des phénomènes de putréfaction s'établissent rapidement et se poursuivent activement. Il en résulte des processus d'hydratation et de dédoublement qui contribuent encore à élever la valeur de la concentration moléculaire des humeurs.

Carrara[2] a fait encore des déterminations du point de congélation du sang ensemencé par diverses bactéries ; il a constaté le phénomène énoncé, mais a vu qu'il n'était pas très accentué pendant les premiers jours. C'est donc surtout à la contamination par l'eau de mer qu'il faut attribuer l'abaissement anormal du point de congélation du sang.

Point de congélation des milieux liquides de l'œil. — On voit à quelles difficultés on se heurte pour la détermination exacte de la concentration moléculaire du sang des grands cétacés.

J'ai pensé que l'œil pouvait fournir des liquides protégés contre les causes d'altération précédemment exposées. L'œil des cétacés se présente sous forme d'une sphère ossifiée sur toute l'étendue de ses trois quarts postérieurs ; seule

[1] Carrara. Untersuchungen über den osmotischen Druck, etc. *Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medizin und Sanitätswesen.* (3), 24, p. 2.

[2] Carrara. Contributo allo studio della putrefazione del sangue, *Arch. per le scienze mediche*, 1902, 26, p. 369.

la cornée est en contact avec l'eau de mer, et il est à présumer que son épithélium s'oppose avec efficacité à la pénétration de tout liquide, pendant assez longtemps après la mort comme pendant la vie. D'autre part, l'œil en contact avec l'eau de mer, qui est à une température voisine de o degré au Spitzberg, doit se refroidir rapidement. Enfin, les milieux réfringents de l'œil offrent un médiocre milieu de culture aux bactéries.

L'humeur vitrée prélevée de l'œil droit n'était pas souillée par la moindre trace de sang. Elle était en quantité largement suffisante pour qu'on puisse déterminer le point de congélation.

Résultats :

Humeur vitrée. Première opération ..... Δ : — 0°70
— Deuxième opération ..... Δ : — 0°71

Si nous résumons les chiffres obtenus par les différents auteurs, en rejetant ceux qui sont inacceptables, et en les ordonnant en série décroissante, nous aurons :

ESPÈCES DE CÉTACÉS	POINTS DE CONGÉLATION		AUTEURS
Balænoptera Sibbaldii	Humeur vitrée	Δ : — 0°705.	Portier.
Phocæna communis	Sang	Δ : — 0°74..	Rodier.
Tursiops tursio	Liquide péricardique.....	Δ : — 0°80..	Jolyet.
	— céphalo-rachidien.....	Δ : — 0°81..	
	Sérum sanguin	Δ : — 0°83..	

Discussion des résultats. — De l'examen des chiffres précédents, il résulte que :

1° L'humeur vitrée de balénoptère possède une concentration moléculaire beaucoup plus faible que celle de tous les autres liquides étudiés.

Or, si nous comparons, chez un même animal, le bœuf, par exemple, le sérum à l'humeur vitrée, nous avons[1] :

Sérum sanguin..... Δ : — 0°58
Humeur vitrée..... Δ : — 0°59

L'humeur vitrée doit donc être considérée comme légèrement hypertonique, par rapport au sang.

C'est le résultat auquel arrive Bottazzi[2] par de nombreuses déterminations.

Ainsi, il est bien probable que le sang du balénoptère possède un $\Delta \leqslant -0°70$.

Nous n'avons évidemment le droit d'en rien conclure quant au sang d'espèces différentes, *Phocæna* et *Tursiops*.

[1] Bottazzi. Osmotischer Druck, etc., *Ergebnisse der Physiologie*, 1908, p. 347.
[2] Bottazzi. *Loc. cit.*

Remarquons seulement que les quelques chiffres certains que nous possédons semblent montrer que le point de congélation des liquides de cétacés d'espèces voisines peut osciller entre des limites assez étendues, plus étendues que chez les mammifères terrestres appartenant au même groupe.

Nous aurons à rappeler ce fait dans un instant.

2° *Pinnipèdes.* — J'ai eu à ma disposition deux espèces de phoques : *Phoca barbata* et *Phoca fœtida.*

Les animaux ont presque toujours été tués pendant leur sommeil sur les glaçons de la banquise. Une balle explosive logée dans le crâne produisait une mort presque instantanée. On chargeait alors l'animal dans un canot et on l'apportait rapidement dans le yacht où on procédait sans tarder à la détermination du point de congélation des liquides.

Je donne ces détails afin de montrer que mes déterminations pour ce groupe d'animaux ont été faites dans des conditions excellentes, et qu'en particulier tout mélange des liquides internes avec l'eau de mer a été évité.

Je résume dans le tableau suivant les températures de congélation obtenues :

NOMS DES ANIMAUX	SANG COMPLET OU SÉRUM SANGUIN	BILE	URINE DE LA VESSIE
Phoca barbata :			
1. Animal âgé	Δ : — 0°64	Δ : — 0°63	Δ : — 0°73
2. Animal adulte de grande taille (250 kilog.)	Δ : — 0°66	Δ : — 0°66	
Phoca fœtida :			
1. Jeune de 11 kilog	Δ : — 0°72	Δ : — 0°72	< — 3°5
2. Jeune, mort d'inanition	Δ : — 0°68		
3. Animal adulte de grande taille	Δ : — 0°71	Δ : — 0°66	

Discussion des résultats. — 1° Ici, comme pour les cétacés, nous avons une concentration moléculaire très élevée si on la compare à celle des mammifères terrestres.

Moyenne pour le sang des mammifères Δ : — 0°59 [1].

2° Ici encore nous avons des différences assez grandes dans la pression osmotique, et *chez une même espèce* (*Phoca fœtida*), elles peuvent atteindre 0°04.

3° L'urine a une pression osmotique sensiblement supérieure à celle du sérum. Le fait est général et bien établi, mais, chez un animal *Phoca fœtida* jeune, elle atteignait un chiffre si bas qu'elle n'a pu être déterminée avec précision, la graduation du thermomètre ne s'étendant pas assez loin vers le bas de l'échelle.

[1] Bottazzi. *Loc. cit.*, p. 287.

J'estime que le Δ devait être voisin de — 4°50.

Je n'ai pas trouvé dans la littérature de chiffre aussi bas. Bottazzi donne comme point de congélation le plus bas pour l'urine du chien le chiffre — 3°63.

II. — Oiseaux marins

NOMS DES OISEAUX	POINTS DE CONGÉLATION	
Larus glaucus	Sang	Δ : — 0°69
	Bile	Δ : — 0°69
Uria troïle. Exemplaire 1	Sang	Δ : — 0°66
— — 2	—	Δ : — 0°64
Eider, jeune	—	Δ : — 0°65
Fulmarus glacialis. Exemplaire 1	—	Δ : — 0°63
— — 2	—	Δ : — 0°63
— — 3	—	Δ : — 0°66
— — 4	—	Δ : — 0°66
— — 5	—	Δ : — 0°67
— — 6	—	Δ : — 0°69
— — 7	—	Δ : — 0°75

Discussion des résultats. — 1° D'une manière générale la concentration moléculaire des liquides de ces oiseaux marins est sensiblement plus élevée que celle des oiseaux terrestres. Bottazzi [1] donne comme moyenne de six observations pour le sang de la poule, le chiffre de Δ : — 0°616.

2° Chez le *Fulmarus glacialis*, dont j'ai pu me procurer un assez grand nombre d'exemplaires, on voit avec une extrême netteté le fait déjà souligné des grandes variations que peut atteindre l'abaissement du point de congélation chez une même espèce.

Ici la variation atteint le chiffre de 75 — 63 = 12 centièmes de degré.

III. — Interprétation des phénomènes

Les déterminations précédentes conduisent aux deux constatations suivantes :

1° La concentration moléculaire des liquides des vertébrés marins est sensiblement plus élevée que celle des animaux terrestres de la même classe.

2° Cette concentration moléculaire varie dans des limites très étendues ; l'amplitude de la variation semble beaucoup plus étendue chez les vertébrés marins que chez les vertébrés terrestres.

Cherchons à pénétrer le mécanisme de ces modifications humorales.

[1] Bottazzi. *Loc. cit.*, p. 282.

Il me semble d'abord que le séjour dans l'eau salée, le contact du milieu salin hypertonique avec les téguments ne saurait avoir une influence modificatrice sensible sur le Δ du liquide de l'économie.

L'épithélium stratifié qui recouvre toutes les surfaces en contact avec l'eau de mer forme très vraisemblablement une barrière infranchissable aux échanges.

Les variations de poids faibles ou nulles d'un vertébré plongé soit dans l'eau salée, soit dans l'eau douce sont une preuve de ce fait. Il n'existe pas ici comme chez les poissons un point faible, une surface délicate (épithélium branchial) qui puisse être le siège d'échanges osmotiques.

La pénétration des substances salines se produit bien plutôt au niveau de la muqueuse digestive. Il faut se rappeler, en effet, que les vertébrés marins étudiés se nourrissent exclusivement de petits invertébrés marins, principalement de mollusques et de crustacés.

Les phoques eux-mêmes (je ne parle que de ceux que j'ai étudiés) se nourrissent uniquement de petits crustacés qu'ils capturent au fond de la mer, surtout au voisinage du front des glaciers. Leur estomac est très souvent rempli d'une bouillie de ces petits animaux.

Or, tous ces invertébrés ont des liquides isotoniques avec l'eau de mer ; ils sont de plus imprégnés d'eau de mer.

A chaque repas, il se produit donc par l'intestin une absorption d'une quantité relativement considérable de sels qui envahissent le milieu intérieur. Les injections périodiques de sels dans le système circulatoire ont fini par créer à la longue une accoutumance des tissus et la concentration moléculaire des liquides s'est accrue d'une manière permanente ; même dans l'intervalle des digestions, elle ne retombe jamais à la valeur qu'elle possède chez les vertébrés terrestres de la même classe.

Mais de plus, au moment de l'absorption de chaque repas, elle passe par un maximum.

Nous nous expliquons ainsi les deux caractères de la concentration moléculaire des liquides étudiés :

1° Son pouvoir absolu élevé.

2° Ses variations étendues.

Mécanisme du maintien de la constance de la pression osmotique minima du mammifère marin. — Ainsi, il semble bien que la concentration moléculaire des liquides internes, après avoir passé par un maximum, retombe dans l'intervalle des digestions à une valeur minima, supérieure à celle des mammifères terrestres, mais très inférieure à celle du milieu marin.

Or, il est de connaissance banale qu'un mammifère terrestre placé dans les conditions des mammifères marins serait incapable de satisfaire la soif qui l'envahirait et qu'il subirait dans ses plasmas une hausse de pression qui ne pourrait aller qu'en croissant toujours. L'ingestion d'eau de mer ne pourrait en rien améliorer la situation.

Comment le cétacé résout-il cette difficulté ?

Je ne pense pas que cette question ait jamais été posée. Je ne puis malheureusement pas aujourd'hui lui apporter une solution ; je me contenterai de faire les remarques suivantes :

Je n'ai d'abord en vue que les mammifères marins, car les oiseaux peuvent facilement gagner des étangs voisins du littoral où ils trouvent de l'eau douce à discrétion et, dans les contrées polaires où ils abondent, on peut constater qu'ils y font de fréquentes visites.

On pourrait penser que les phoques ont recours à la glace si répandue dans ces régions, mais je ne sache pas que le fait ait jamais été observé. Dans tous les cas, l'explication ne serait plus valable pour les animaux pélagiques, les cétacés en particulier.

Il est probable que chez eux les sels absorbés au niveau de l'intestin sont ensuite éliminés par le rein avec une activité et surtout sous une concentration qui n'est jamais atteinte chez les mammifères terrestres.

Le chiffre voisin de Δ : — 4°5 que j'ai obtenu pour l'urine d'un jeune phoque correspondrait à une phase d'élimination saline. On voit que dans ce cas la pression osmotique de l'urine serait plus du double de celle de l'eau de mer [1].

Le chiffre de Δ : — 0°75 obtenu pour l'urine d'un autre phoque correspondrait à une phase de sécrétion au cours de laquelle le Δ du sang serait redescendu à sa valeur à peu près normale.

RECHERCHES SUR LE MILIEU INTÉRIEUR DU COTTUS GROENLANDICUS *DES FJORDS DU SPITZBERG*

I. — *Régime de salinité des fjords*

Les fjords sont constitués par des découpures profondes et étroites du rivage. Au fond et parfois sur les côtés du fjord se trouvent des fronts de glaciers, véritables falaises de glace d'une hauteur d'une vingtaine de mètres environ.

Pendant l'été, sous l'influence de l'écoulement lent du glacier, le front s'écroule de temps en temps et se fragmente en icebergs qui se répandent sur l'eau du fjord.

D'autre part, l'eau de fusion du glacier se réunit en ruisseaux plus ou moins abondants qui se déversent aussi sur l'eau du fjord.

[1] Dans un mémoire de 1935 Smith étudie l'urine de *Phoca vitulina* conservé en captivité et nourri avec des *poissons* (Harengs). Il trouve que le Δ de l'urine varie de — 1°72 à — 3°98. La concentration la plus forte se produit pendant le jeûne.

Cette observation est intéressante parce qu'elle a été faite sur un animal dont on connaît exactement le régime et l'heure des repas.

Mais il faut bien remarquer que ce régime est très différent de celui des phoques du Spitzberg.

Il résulte de ces faits que l'eau de mer dans le fjord est plus ou moins dessalée lorsqu'elle est prélevée au voisinage d'un iceberg ou non loin d'un de ces torrents d'eau de fusion du glacier.

Voici quelques déterminations cryoscopiques d'échantillons recueillis au cours de la campagne de 1906 [1].

Il faut se rappeler que l'eau de l'Atlantique a un point de congélation voisin de — 2°00.

STATIONS	POINTS DE CONGÉLATION	STATIONS	POINTS DE CONGÉLATION
2454 — Surface	— 2°00	2481 — 20 mètres	— 1°90
2461 — Surface	— 1°97	2481 — 29 mètres	— 1°95
2463 — Surface	— 2°00	2481 — 57 mètres [2]	— 1°99
2465 — Surface	— 1°92	2488 — Surface	— 1°85
2466 — Surface	— 1°86	2488 — 5 mètres	— 1°89
2467 — Surface	— 1°84	2488 — 10 mètres	— 1°94
2468 — Surface	— 1°80	2488 — 12 mètres	— 1°92
2469 — Surface	— 0°26	2489 — 5 mètres	— 1°94
2471 — Surface	— 1°02	2489 — 10 mètres	— 1°94
2471 — 4 mètres	— 1°79	2489 — 20 mètres	— 1°95
2471 — 10 mètres	— 1°83	2489 — 30 mètres	— 1°96
2471 — 20 mètres	— 1°94	2489 — 40 mètres	— 1°98
2471 — 50 mètres	— 1°98	2489 — 50 mètres	— 2°00
2480 — Surface	— 1°545	2489 — 60 mètres	— 2°00
2480 — 2 mètres	— 1°88	2493 — Surface	— 1°79
2480 — 10 mètres	— 1°93	2493 — 290 mètres	— 2°02
2480 — 20 mètres	— 1°96	2507 — 334 mètres	— 2°03
2480 — 30 mètres	— 1°98	2515 — Surface	— 1°66
2480 — 38 mètres	— 1°99	2515 — 1 mètre	— 1°81
2481 — Surface	— 1°60	2515 — 3 mètres	— 1°84
2481 — 2 mètres	— 1°79	2515 — 10 mètres	— 1°89
2481 — 5 mètres	— 1°81	2515 — 22 mètres	— 1°94

On voit donc, d'après ces quelques exemples, que :

1° à la surface, l'eau du fjord est presque toujours dessalée par son mélange avec l'eau de fusion des glaces d'eau douce. Cette dilution peut être considérable (— 0°26 à la Station 2469) ;

2° à mesure qu'on s'enfonce sous la surface la salinité augmente et vers cinquante mètres de profondeur, et quelquefois même auparavant, la concentration moléculaire normale se trouve à peu près atteinte [2].

[1] Les déterminations des abaissements des points de congélation de ces échantillons ont été faits au Musée Océanographique par M. Allemandet.

[2] La profondeur de l'eau du fjord dépasse rarement 60 mètres.

On conçoit qu'un poisson qui se déplace dans un tel milieu se trouve dans des conditions si particulières qu'elles ne semblent se rencontrer nulle part ailleurs.

Les poissons catadromes comme l'anguille ou anadromes comme le saumon passent *progressivement* de l'eau douce dans l'eau de mer ou inversement.

On a remarqué que les saumons se tenaient assez longtemps à l'embouchure des fleuves avant de les remonter, comme s'ils sentaient le besoin de s'acclimater progressivement à leur nouveau milieu.

D'autre part, ces poissons ne changent généralement de milieu que deux fois dans le cours de leur existence.

Le *Cottus groenlandicus* des fjords du Spitzberg subit des modifications incessantes du milieu extérieur dès qu'il se déplace soit dans un plan horizontal, soit dans un plan vertical ou oblique.

Il ne doit pas échapper à ces modifications même quand il reste immobile, car des courants en toutes directions doivent brasser l'eau des fjords.

Ce sont ces conditions de vie si particulières qui m'ont incité à étudier le milieu intérieur de ce *Cottus*.

On verra par ce qui suit que le sang de ce poisson présente, en effet, des particularités physico-chimiques véritablement extraordinaires qui sont bien probablement en rapport avec les conditions dans lesquelles il passe son existence.

Le *Cottus groenlandicus* des fjords du Spitzberg atteint une grande taille. Les beaux individus mesuraient environ 25 centimètres de longueur sur 6 centimètres de largeur.

A l'époque de nos expériences (juillet-août), les organes génitaux étaient bien développés et colorés en rouge saturne intense par un pigment probablement de nature lutéinique. On récoltait le sang en ouvrant les téguments au niveau du cœur, et en incisant le ventricule. Le sang se collectait dans le péricarde où on le puisait avec une pipette.

Chaque poisson peut donner environ trois ou quatre centimètres cubes de sang, donc une quantité largement suffisante pour faire une détermination cryoscopique avec les cryoscopes actuels.

Mais à l'époque où j'ai fait ces recherches on ne possédait que des thermomètres à cryoscope à réservoir beaucoup plus volumineux. Mes thermomètres avaient un réservoir mesurant environ 50 à 55 millimètres de longueur sur 7 millimètres de largeur.

Il était nécessaire d'utiliser environ neuf à dix centimètres cubes de sang pour faire une détermination cryoscopique ; de sorte que toutes les expériences qui sont relatées ici ont été réalisées en mélangeant le sang ou le sérum de plusieurs poissons.

II. — *Détermination de la concentration moléculaire du sang de* Cottus *au moyen du cryoscope. — Incertitude sur la température de congélation de ce sang.*

On sait que les poissons téléostéens marins ont une concentration moléculaire très différente de celle de l'eau de mer qui les entoure.

Tandis que l'eau de mer normale dans l'Atlantique a une température de congélation voisine de — 2°0, le sang des Téléostéens marins se congèle à une température voisine de — 0°70. On a trouvé par exemple les valeurs suivantes :

Sang de *Rascasse*	= — 0°63
Sang de *Baudroie*	variant de — 0°68 à — 0°80
Sang de *Crenilabrus pavo*	variant de — 0°74 à — 0°76
Sang de *Congre*	variant de — 0°76 à — 0°78, etc.

On voit donc que, d'une manière générale, la concentration moléculaire du sang des poissons marins est environ le tiers de la concentration de l'eau de mer.

Elle n'est d'ailleurs pas beaucoup plus élevée que celle des Téléostéens d'eau douce :

Carpe	— 0°50
Barbeau	— 0°50

Et notre *Cottus* que va-t-il nous donner ?

Une concentration moléculaire beaucoup plus élevée qui varie de — 1°27 à — 1°47.

Voici donc un premier fait nouveau et très frappant : concentration moléculaire très élevée et variant beaucoup d'un individu à l'autre[1].

Ces différences individuelles qui peuvent atteindre 20/100 de degré sont aussi tout à fait anormales. Nous en chercherons l'explication plus tard.

Et enfin, autre fait paradoxal sur lequel il nous faut insister : on sait que pour obtenir le point de congélation d'un liquide, pour le « cryoscoper » on refroidit ce liquide au moyen d'un mélange réfrigérant dont il est séparé par une couche d'air[2].

Quand la température du liquide est tombée au-dessous de son point de congélation présumé, on ajoute un petit cristal de glace, la surfusion du liquide cesse aussitôt, le thermomètre plongé dans le liquide à cryoscoper remonte et s'établit à un point *parfaitement fixe* qui sera par exemple de — 2°01 pour l'eau de mer.

[1] Et probablement aussi chez un même individu suivant les conditions de salinité dans lesquelles il vit.

[2] Nous utilisions un mélange de glace pilée et de chlorure de sodium.

Si on continue à agiter l'eau de mer non encore congelée, le thermomètre qui y est plongé conserve son niveau invariable.

Si on prolongeait l'opération outre mesure, (et ce serait là une faute de technique), une quantité de glace de plus en plus grande se formerait ; la solution irait en se concentrant, et nous verrions le thermomètre accuser des températures de plus en plus basses.

Dans tous les cas, le thermomètre s'étant établi à son point fixe, il *ne remonte jamais* quand on continue à brasser le liquide autour de lui. S'il remontait, cela voudrait dire que le nombre des molécules contenues dans un volume donné de la solution *a diminué* ; mais, nous le répétons, jamais le fait ne se produit dans les opérations sur les liquides biologiques très variés qu'on peut se procurer, et à plus forte raison sur les solutions salines.

Or, avec le sang de *Cottus*, on observe un phénomène inattendu ; en voici un exemple concret.

22 juillet 1906, Spitzberg (South Gate). *Cottus* pris au tramail.

Le sang est recueilli dans le péricarde au moyen d'une pipette après incision du ventricule.

Toutes précautions sont prises pour éviter le mélange du sang avec l'eau de mer.

Le sang défibriné est filtré sur coton de verre.

On place le flacon qui le contient dans un mélange réfrigérant (mélange de glace pilée et de sel). Quand le sang est à — 1°0, on le transporte dans le cryoscope.

La température du sang continue à baisser lentement. Quand elle atteint — 2°0, on ajoute au sang un cristal de glace.

Aussitôt le thermomètre remonte à — 1°56.

On continue à brasser le sang autour du thermomètre, et on obtient alors successivement les températures suivantes en fonction du temps :

0 minute	Cristal de glace
1 minute	— 1°56
1 minute 1/2	— 1°54
2 minutes	— 1°50
4 minutes	— 1°50
7 minutes	— 1°46
13 minutes	— 1°45

Ainsi, dans l'espace de treize minutes, le thermomètre est remonté de 56-45 = 11 centièmes de degré.

Le phénomène observé est réversible.

On réchauffe, en effet, le sang et on le laisse environ deux heures à la température du laboratoire (16°). On procède ensuite à une nouvelle détermination de la température de congélation.

0 minute — 1°68. (Sang en surfusion. Cristal de glace).

Ascension assez rapide à — 1°58.

On continue à brasser le sang autour du réservoir du thermomètre et on obtient les températures suivantes :

1 minute	— 1°54
2 minutes	— 1°52
3 minutes	— 1°49
4 minutes	— 1°50
6 minutes	— 1°47
7 minutes	— 1°48

Si on cesse d'agiter le sang la température baisse de nouveau.

Il nous est même arrivé d'observer des variations plus considérables.

Le même phénomène s'observe avec les globules obtenus par centrifugation.

Le 11 août 1906. Globules de sang de *Cottus* recueilli à Advent Bay. Nous obtenons un point de congélation à — 1°54 et en agitant ce sang, en cinq minutes, la température remonte à — 1°33.

Il y a donc ici une différence de température de : 54-33 = 21 centièmes de degré.

Ici encore, dès qu'on cesse de brasser le sang autour du réservoir du thermomètre, la température baisse de nouveau. En trois minutes elle est à — 1°42.

Ici encore, nous l'avons vérifié, le phénomène est réversible.

Nous avons aussi fait sur cette purée de globules, une remarque qui nous semble devoir retenir l'attention.

Dans la première opération les globules avaient été refroidis à — 2°50 ; c'est à ce moment que nous ajoutons un cristal de glace.

La température remonte à — 1°54 ; elle remonte ensuite lentement par agitation, nous l'avons vu.

Dans la seconde opération, le sang après avoir été réchauffé est sous-refroidi à 1°80. Le cristal de glace ayant alors été ajouté, la surfusion cesse et le thermomètre remonte à 1°44. Il existe donc une différence de 10 centièmes de degré entre les deux opérations.

Cette différence qui est très supérieure aux erreurs possibles de détermination est-elle en rapport avec la température à laquelle le sang a été sous-refroidi ? Cela me semble probable mais je ne puis l'affirmer.

Il me semble possible aussi que c'est non seulement l'intensité du sous-refroidissement qui intervient, mais probablement aussi sa *durée*.

Il serait nécessaire d'étudier ce point de détail avec méthode.

Il est enfin un dernier fait que je voudrais signaler.

Quand une solution saline ou même un liquide biologique a été refroidi à une température inférieure à son point de congélation, et qu'on fait cesser la surfusion, le thermomètre remonte d'emblée et *rapidement* à la température de congélation.

Pour le sang de *Cottus* la remontée du thermomètre se fait lentement, souvent par sauts successifs et « comme à regret ». Il semble qu'il s'accomplisse une modification de la concentration moléculaire du sang, modification qui serait en rapport avec la variation de la température.

En somme, l'impression générale qu'on recueille au cours des déterminations précédentes, est la suivante :

Tout se passe comme si, dans le sang de *Cottus*, il existait des liaisons de molécules ou d'ions qui *puissent être influencés par la température.*

Quand on emploie le cryoscope pour déterminer la concentration moléculaire, donc la pression osmotique d'un liquide, on admet implicitement que le refroidissement depuis la température du laboratoire jusqu'à la température de congélation ne modifie pas sensiblement cette concentration moléculaire. Et, en effet, il semble que jusqu'ici, on n'ait jamais signalé de perturbations dues à cette cause.

Avec le sang de *Cottus*, et aussi avec ses globules sanguins, il semble bien que la variation de température ait une influence sur les édifices moléculaires qui existent dans le sang ; peut-être sur les liaisons qui s'établissent entre les ions salins et les grosses molécules protéiques ou bien, ce qui me semble plus probable, entre l'eau et les protéiques ; il y aurait des associations ou des dissociations qui seraient fonction de la variation de température.

Il en résulte cette *incertitude* signalée dans la détermination du point de congélation qui enlève à la méthode cryoscopique toute précision dans le cas du sang de *Cottus groenlandicus*.

Nous avons cependant été obligé de nous contenter de cette méthode puisque nous opérions dans les contrées polaires. Nous avions bien emporté une centrifugeuse, avec le projet de déterminer la pression osmotique par la méthode de Hamburger (volume globulaire), mais cet appareil mal monté et tournant avec une vitesse insuffisante n'a pu être utilisé.

Dans ces conditions, nous avons pris « conventionnellement » comme valeur du point cryoscopique, la température stable *pendant quelques instants* à laquelle s'arrête le mercure du thermomètre lorsque l'ascension qui se produit quand on fait cesser la surfusion est complète ; en somme la température la plus rapprochée du zéro [1].

Ce choix n'est, d'ailleurs, pas à l'abri de tout reproche.

Il eut sans doute été préférable de porter un peu de sang au bain-marie à la température de 100 degrés. Nous aurions ainsi obtenu, comme on le verra plus bas, une température de congélation parfaitement fixe. Mais au début de nos expériences nous ne connaissions pas cette manière de « stabiliser » le sang.

[1] Comme on l'a vu cette température n'est souvent atteinte qu'après plusieurs minutes d'agitation après que la surfusion a cessé.

Quoi qu'il en soit les points suivants nous semblent acquis :

1° — Le point de congélation du sérum de *Cottus groenlandicus* ne peut être déterminé avec précision. Il varie de — 1°28 à — 1°47.

Ces variations considérables semblent tenir à deux causes différentes : a). Aux conditions dans lesquelles a vécu le poisson au moment où on l'a capturé (concentration moléculaire plus ou moins considérable de l'eau de mer) ; b). A ce fait qu'il existe dans le sang des associations labiles, qui semblent influencées par la température.

2° — Les globules peuvent avoir une température de congélation très différente de celle du sérum qui les contenait. Cette différence atteint souvent une valeur de 14 centièmes de degré. La température de congélation des globules présente aussi une grande incertitude.

III. — *Le mélange du sang (ou du sérum) de* Cottus *avec un égal volume d'une solution saline isotonique, hypotonique ou hypertonique donne un liquide dont la concentration moléculaire est très différente de celle qu'on pouvait prévoir d'après la théorie.*

Nous devions chercher à vérifier le bien-fondé de l'hypothèse que nous avions faite pour expliquer les phénomènes observés lorsqu'on veut déterminer la concentration moléculaire du sang de *Cottus* au moyen du cryoscope.

S'il est exact qu'il existe des liaisons labiles entre certaines molécules du sang, nous pouvons essayer de supprimer les phénomènes observés en *fixant* le sang sans en trop modifier la composition.

Arthus a montré que le fluorure de sodium peut jouer ce rôle de *fixateur physiologique* du sang.

C'est ainsi que le sang fluoré à la sortie du vaisseau ne se coagule pas même quand on lui rend la quantité de sels de chaux qui devrait suffire à assurer cette coagulation.

1° — *Mélange de sang de* Cottus *et de fluorure de sodium*

On prend 4 centimètres cubes de sang de *Cottus*.

On les mélange avec un égal volume de fluorure de sodium de $\Delta = -1°53$.

On prend le point de congélation du mélange. On trouve $\Delta = -1°75$.

Ce point est parfaitement fixe. — Lorsqu'on continue à brasser le liquide autour du réservoir du thermomètre le mercure reste exactement au même niveau.

Comme nous l'avions prévu, le fluorure de sodium a supprimé les variations de concentration moléculaires observées précédemment.

On recommence l'opération après avoir réchauffé le mélange de sang et de fluorure et on retombe sur le même Δ (— 1°75).

On prend alors le sang pur du *Cottus*, sang dont on avait prélevé 4 centimètres cubes pour l'expérience précédente.

On détermine la température de congélation.

On trouve $\Delta = -1°47$.

Mais ici on retrouve le déplacement de température signalé quand on agite le sang. Nous n'insistons plus sur ce phénomène déjà décrit.

Nous devons maintenant attirer l'attention sur un autre point très important.

Nous avons mélangé volumes égaux de deux liquides, l'un de $\Delta = -1°53$, l'autre de $\Delta = -1°47$.

La théorie voudrait que le liquide résultant du mélange ait un $\Delta = \frac{\Delta 1 + \Delta 2}{2}$

$$\text{ou } \Delta = -\frac{(1°53 + 1°47)}{2} = -\frac{3°00}{2} = -1°50$$

Or, nous avons obtenu un $\Delta = -1°75$ qui diffère du Δ théorique de 25/100 de degré.

A quelle raison tient cette très importante différence ?

Sans doute à ce que, sous l'influence de la dilution par la solution de fluorure de sodium, le sang a libéré des ions ou dédoublé des molécules. Sa concentration moléculaire a donc fortement augmenté.

Quant à la température de congélation du mélange de sang et de fluorure, elle est maintenant parfaitement définie et fixe. Quand la surfusion du mélange cesse, le thermomètre remonte à — 1°47 et le niveau du mercure reste parfaitement stable quand on brasse le sang autour du réservoir du thermomètre.

Une seconde détermination calquée sur la précédente donne des résultats identiques.

Mélange du sang de Cottus *ou du sérum de* Cottus, *avec une solution hypertonique de chlorure de sodium*

Sang de *Cottus* $\Delta = -1°28$

Solution de NaCl $\Delta = -1°32$

On mélange à parties égales

$$\Delta \text{ théorique} = \frac{1°28 + 1°32}{2} = \frac{2°60}{2} = -1°30$$

Δ trouvé pour le mélange $= -1°50$

Ici encore le Δ trouvé est inférieur de 20 centièmes de degré au Δ théorique. En d'autres termes, la concentration moléculaire du mélange est sensiblement plus élevée que la théorie ne l'indique.

L'expérience précédente est répétée plusieurs fois. Elle donne des résultats analogues.

Toujours le mélange a une concentration moléculaire supérieure à celle qu'on devait attendre d'après la théorie. De plus, le mélange, comme le sang ou le sérum primitif présente une incertitude sur la température de congélation [1].

On trouvera ces expériences résumées au tableau de la page 28.

Mélange du sérum avec une solution hypotonique de chlorure de sodium

Cross Bay 15 août 1906.

Sérum de sang de *Cottus* de $\Delta = -1°33$.

On le mélange à un égal volume de solution de chlorure de sodium de $\Delta = -1°18$

Le mélange a un Δ théorique $= \frac{1°33 + 1°18}{2} = \frac{2°51}{2} = 1°25$.

Δ trouvé $= -1°40$.

Mais ici encore, il y a une grande incertitude ; la température de congélation oscille entre $-1°50$ et $-1°40$.

On a donc entre le Δ calculé et le Δ trouvé une différence qui oscille entre 15/100 et 25/100 de degré.

On retrouve donc encore le même phénomène avec une solution hypotonique au sérum.

Mélange de sang de Cottus *avec une solution mixte d'urée et de chlorure de sodium*

Nous rappelant que le sang des Sélaciens contient une proportion importante d'urée, nous avons voulu voir ce qui se produirait si on mélangeait au sang de *Cottus* un égal volume de solution mixte de chlorure de sodium et d'urée [2].

Première expérience.

Solution mixte composée de :

Chlorure de sodium.....			2,3 grammes
Urée			0,50 grammes
Eau	q. s.	pour	100,00 cent. cubes

Δ de cette solution $= -1°49$

On mélange volumes égaux de cette solution et de sang de *Cottus* de $\Delta = -1°28$

Δ du mélange calculé $= \frac{1°49 + 1°28}{2} = -\frac{2°77}{2} = -1°39$

Δ du mélange trouvé $= -1°50$

Il y a donc une différence de 11/100 de degré entre les deux points de congélation. Donc, ici encore, on retrouve le phénomène déjà observé.

[1] Ce qui ne s'était pas produit avec le fluorure de sodium.

[2] En réalité, cette expérience était destinée à vérifier une hypothèse qui semble devoir être abandonnée.

Deuxième expérience.

Le liquide de dilution est enrichi en urée.

Chlorure de sodium.....			2,3 grammes
Urée			1,0 grammes
Eau	q. s.	pour	100,0 cent. cubes

Ce liquide a un $\Delta = -1°68$.

On le mélange avec un égal volume de sang de *Cottus* de $\Delta = -1°28$.

$$\Delta \text{ du mélange calculé} = \frac{1°68 + 1°28}{2} = -\frac{2°96}{2} = -1°48$$

$$\Delta \text{ du mélange trouvé} = -1°66$$

Différence $1°66 - 1°48 = 0°18$.

Donc ici encore une différence de 18/100 de degré entre le Δ trouvé et le Δ calculé.

Le mélange présente d'ailleurs cette incertitude si souvent signalée sur la température de congélation qui oscille entre $-1°66$ et $-1°72$.

Mélange de sang de Cottus *avec de l'eau de mer diluée*

Première expérience.

Safe Bay 12 août[1].

Eau de mer $\Delta = -1°49$
Sérum de *Cottus* $\Delta = -1°28$

On mélange à parties égales.

$$\Delta \text{ du mélange calculé } \frac{1°28 + 1°49}{2} = \frac{2°77}{2} = -1°38$$

$$\Delta \text{ du mélange observé} = -1°58$$

Écart $1°58 - 1°38 = 20/100$ de degré.

Ici encore grande incertitude sur le point de congélation du mélange qui varie de $-1°58$ à $-1°68$.

En prenant ce dernier chiffre on aurait un écart de 30/100 de degré.

Deuxième expérience.

Cross Bay 15 août.

L'eau de mer du fjord se congèle à $-1°89$.

On l'étend d'eau distillée de manière à l'amener à $\Delta = -1°55$.

[1] Safe Bay est une petite baie dont le fond est occupé par un puissant glacier qui y déverse de nombreux icebergs. Des torrents qui viennent des montagnes voisines se déversent aussi dans le fjord. Toutes ces causes expliquent la faible salinité de l'eau de mer.

On mélange cette eau de mer diluée avec un égal volume de sang de *Cottus* de $\Delta = -1°46$.

$$\Delta \text{ du mélange calculé } \frac{1°46 + 1°55}{2} = \frac{3°01}{2} = 1°50$$
$$\Delta \text{ du mélange observé } -1°70.$$

Écart $1°70 - 1°50 = 0°20$.

Soit un écart de 20/100 de degré.

Ainsi, avec l'eau de mer, solution saline très complexe, nous retrouvons le phénomène si remarquable d'augmentation de la concentration moléculaire.

Mélange de sérum de Cottus *avec de l'eau de mer distillée*

1° — On prend du sérum de $\Delta = -1°40$.

On additionne un volume de ce sérum de son dixième d'eau distillée.

$$\Delta \text{ calculé du sérum dilué } = -1°4 - 0°14 = -1°26$$
$$\Delta \text{ trouvé } \quad » \quad » \quad = -1°28$$

L'écart se réduit ici à 2/100 de degré.

2° — Même sérum qu'on additionne de son volume d'eau distillée.

$$\Delta \text{ calculé du sérum dilué } \frac{1°40}{2} = -0°70$$
$$\Delta \text{ trouvé } \quad » \quad = -0°80$$

Ici nous trouvons un écart de 10/100 de degré.

Ainsi, quand la dilution du sérum par l'eau distillée est assez forte, on retrouve le phénomène déjà observé avec les solutions salines.

Il semble que si le Cottus *a été soumis avant sa capture à l'influence d'une eau de mer diluée, les phénomènes décrits sont inversés.*

Voici dans quelles circonstances fortuites, j'ai été amené à constater ce fait.

Le 10 août dans le fjord d'Advent Bay, on place un tramail à l'embouchure d'un petit cours d'eau dans l'espoir de capturer des saumons qu'on nous dit être abondants dans cet endroit.

Le lendemain matin, le filet ne contient aucun saumon, mais de nombreux *Cottus* qui, évidemment, ont vécu dans de l'eau peu salée[1].

a) Le sérum du sang de ces poissons obtenu par centrifugation est cryoscopé.

On a $\Delta = -1°40$.

[1] Nous avons malheureusement quitté cet endroit du fjord précipitamment, et je n'ai pas eu le temps d'en déterminer la salinité.

Une seconde opération donne le même chiffre, et le niveau du mercure reste *absolument fixe* ; il n'y a aucune incertitude sur l'abaissement du point de congélation.

b) On mélange à volumes égaux ce sang avec une solution isotonique de chlorure de sodium.

Cette solution a, en effet, un $\Delta = -1°40$.

Nous avons :

Δ du mélange calculé $-1°40$
Δ » trouvé $-0°73$

Une seconde opération donne exactement les mêmes chiffres. Il n'y a pas d'incertitude sur la détermination du Δ du sang.

On voit donc qu'il y a un écart de $-1°40 - 0°73 = 67/100$ de degré entre les deux Δ théorique et trouvé.

Et, cet écart énorme indique, cette fois, une diminution de concentration moléculaire.

On mélange enfin volumes égaux du même sérum avec une solution de chlorure de sodium de $\Delta = -1°44$.

Δ calculé du mélange $\Delta = \frac{1°40 + 1°44}{2} = -1°42$
Δ trouvé $= -0°86$

Écart $= 1°42 - 0°86 = 56/100$ de degré [1].

Encore ici on a un écart énorme de plus d'un demi-degré, écart qui indique toujours une *diminution* de concentration moléculaire.

Ici d'ailleurs, nous avons une assez grande incertitude dans le Δ du mélange qui, suivant les expériences, peut osciller entre $-0°80$ et $-0°93$.

Ainsi, avec le sérum de ce *Cottus* qui a vécu dans des conditions de salinité très faibles, nous observons le phénomène inverse de celui que nous avons trouvé chez tous les *Cottus* examinés jusqu'ici.

Les circonstances ne m'ont d'ailleurs pas permis de renouveler cette expérience ; elle demande donc confirmation.

Étude des globules de ce sang

Les globules rouges provenant des poissons dont on vient d'examiner le sang ont été séparés par centrifugation ; mais ils n'ont pas été lavés. Voyons comment ils se comportent.

[1] Et même 62/100 de degré si on prend pour le Δ du mélange, le chiffre $-0°80$ indiqué plus bas.

a) *Détermination de la température de congélation des globules rouges.*

On refroidit la purée de globules rouges au moyen d'un mélange réfrigérant.

A — 2°50, on fait cesser la surfusion par un cristal de glace.

Le thermomètre remonte brusquement à — 1°54.

On continue à brasser les globules et voici les températures qu'on obtient en fonction du temps :

0 minute	— 1°54	
0 minute 5	— 1°53	
1 minute	— 1°48	
2 minutes	— 1°44	
3 minutes	— 1°42	
4 minutes	— 1°40	
5 minutes	— 1°33	minimum
7 minutes	— 1°36	
7 minutes 5	— 1°38	
8 minutes	— 1°42	

On voit qu'il existe une incertitude de 54-33 = 21/100 de degré sur le point de congélation de ces globules.

On réchauffe la purée de globules, on recommence l'opération et on voit se reproduire des phénomènes analogues à ceux que nous venons de décrire.

Après être monté brusquement de — 1°80 (surfusion) à — 1°46, le thermomètre remonte en six minutes à — 1°36.

On continue à agiter et à la quatorzième minute il est redescendu à — 1°47.

On voit donc que dans cette seconde opération, il y a une incertitude de 48-36 = 12/100 de degré sur la température de congélation de ces globules.

b) *Mélange de cette purée de globules avec une solution de chlorure de sodium.*

Nous prenons comme Δ de la purée de globules précédemment étudiés, la température de — 1°34.[1]

Nous mélangeons cette purée de globules avec une solution de chlorure de sodium de Δ = — 1°44.

Mélange des globules et de la solution

$$\Delta \text{ calculé} = \frac{1°36 + 1°44}{2} = - 1°39$$

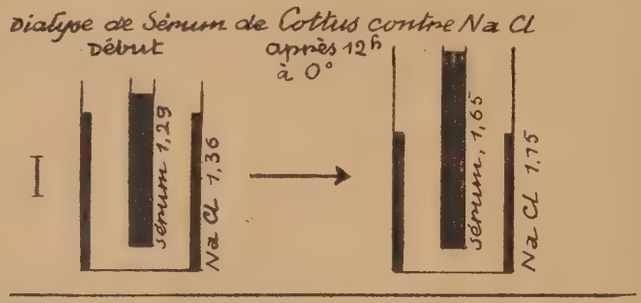
$$\Delta \text{ trouvé} = - 1°56$$

Il y a donc un écart de 56-39 = 17/100 de degré entre les deux températures indiquant cette fois une augmentation de la concentration moléculaire sous l'influence de la dilution par une solution saline.

[1] C'est la moyenne des deux températures minima 1°33 et 1°36.

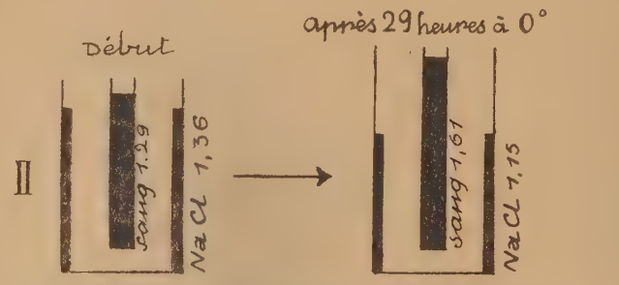
Une seconde détermination donne des chiffres analogues.

Ainsi, chez ces *Cottus* qui ont séjourné dans une eau peu salée, le sérum et les globules donnent lieu à des phénomènes inverses quand ils sont mélangés à volumes égaux avec une solution saline.



Dialyse du Sang de Cottus contre Na Cl

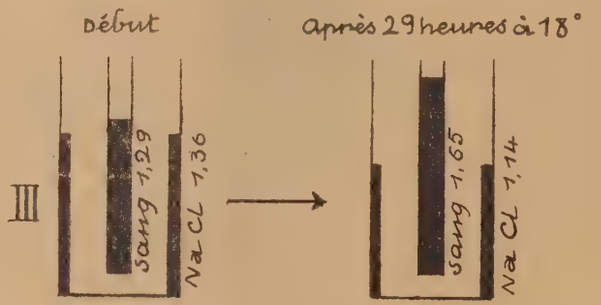
IV. — *La dialyse du sang de* Cottus *contre une solution saline donne lieu à des phénomènes très différents de ceux qui sont classiques. — Ils rappellent ceux que nous venons d'étudier.*



Dialyse du Sang de Cottus contre Na Cl

La dialyse du sang ou du sérum était faite avec des sacs de viscose soigneusement vérifiés au moyen d'hémoglobine pour s'assurer qu'ils ne présentaient aucune solution de continuité.

Le sang ou le sérum étaient placés à l'intérieur du dialyseur, et celui-ci plongeait dans la solution saline qui présentait un volume égal à celui du liquide contenu dans le dialyseur.



On laissait en présence de 12 à 30 heures, soit à la température de 0°, soit à 18 degrés.

Voici une première expérience dans laquelle le liquide intérieur a une concentration plus forte que le liquide extérieur.

	Concentration moléculaire au début	Concentration moléculaire après 12 heures à 0 degré
Liquide intérieur au dialyseur (sérum de *Cottus*)	= — 1°29	= — 1°65
Liquide extérieur au dialyseur (chlorure de sodium)	= — 1°36	= — 1°15

Ces résultats appellent les remarques suivantes :

1° — Si les phénomènes de dialyse s'étaient accomplis suivant les règles ordinaires, le Δ à la fin de l'expérience aurait dû être le même à l'intérieur et à l'extérieur du dialyseur ; et sa valeur commune aurait été :

$$\Delta = \frac{1°29 + 1°36}{2} = \frac{2°65}{2} = -1°325$$ [1]

Or, il n'en est rien.

A la fin de la dialyse on observe que :

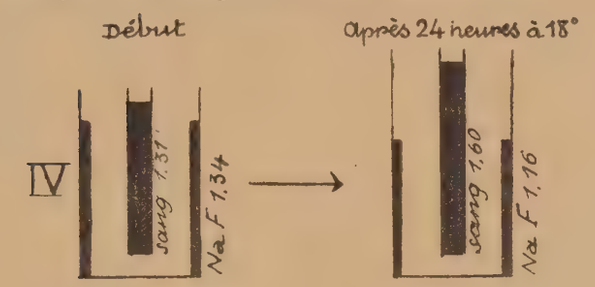
1° — A l'intérieur du dialyseur la concentration moléculaire surpasse la valeur théorique de 1°65 — 1°32 = 33/100 de degré.

2° — A l'extérieur la concentration moléculaire est en déficit sur la valeur théorique de 1°32 — 1°15 = 17/100 de degré.

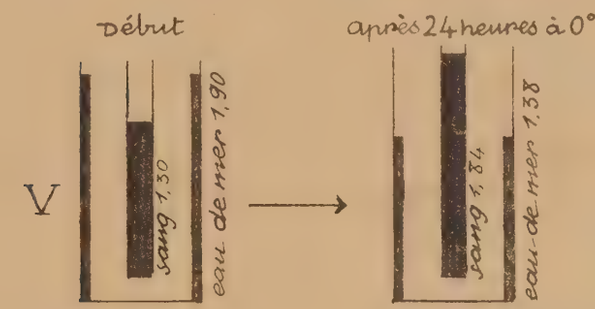
De plus, il y a entre les deux liquides intérieur et extérieur, qui devraient être en équilibre, une énorme différence de 1°65 — 1°15 = 40/100 de degré.

Au début les échanges se sont produits dans le sens indiqué par la théorie, c'est-à-dire que des molécules salines sont passées du liquide extérieur le plus concentré au liquide intérieur qui l'était moins ; mais le phénomène ne s'est pas arrêté lorsque l'équilibre a été atteint ; il s'est poursuivi d'une manière paradoxale continuant à enrichir le liquide intérieur, et cela, au point que ce liquide intérieur arrive à avoir un point de congélation inférieur de un demi-degré à celui du liquide extérieur, différence vraiment inattendue.

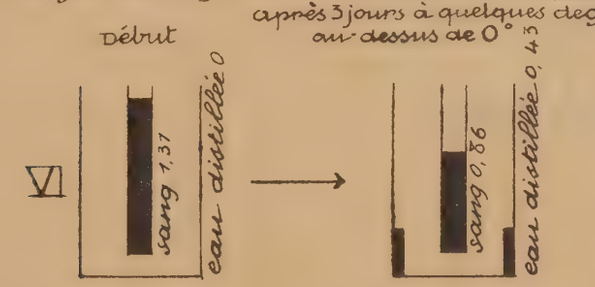
Dialyse du Sang de Cottus contre NaF



Dialyse du Sang de Cottus contre Eau de Mer



Dialyse du Sang de Cottus contre Eau distillée



[1] Bien entendu le *volume* du liquide contenu dans l'intérieur du dialyseur a augmenté à la fin de l'expérience. Sans cela la concentration résultant de l'équilibre de Donnan interviendrait. Il a augmenté d'une manière très sensible.

Voici une seconde expérience dans laquelle le liquide intérieur du dialyseur possède une concentration moléculaire plus faible que celle du liquide extérieur.

	Concentration moléculaire au début	Concentration moléculaire après 24 heures à 0 degré
Liquide intérieur au dialyseur (sang de *Cottus*)	— 1°30	— 1°84
Liquide extérieur au dialyseur (eau de mer)	— 1°90	— 1°38

1° — Si les phénomènes de dialyse s'étaient accomplis suivant les règles ordinaires, le Δ à la fin de l'expérience aurait dû avoir aussi bien à l'intérieur du dialyseur qu'à l'extérieur la valeur $\frac{-(1°30 + 1°90)}{2} = \frac{-3°20}{2} = -1°60$.

A l'intérieur du dialyseur, la concentration moléculaire surpasse la valeur théorique de 1°84-1°60 = 24/100 de degré. A l'intérieur, la concentration moléculaire est en déficit de 1°60-1°38 = 22/100 de degré.

D'autre part, additionnons les températures de congélation des deux liquides (extérieur et intérieur).

1° au début de la dialyse 1°29 + 1°36 = 2°65.

2° à la fin de la dialyse 1°65 + 1°15 = 2°80.

Et pour la seconde expérience :

1° au début de la dialyse 1°30 + 1°90 = 3°20.

2° à la fin de la dialyse 1°84 + 1°38 = 3°22.

Nous constatons une augmentation de la concentration moléculaire *totale* au cours de la dialyse.

Le même phénomène a été observé avec plus ou moins d'intensité dans toutes nos expériences.

Voici les chiffres obtenus dans nos six expériences [1].

	Début	Fin
Expérience I	2°65	2°80
Expérience II	2°65	2°76
Expérience III	2°65	2°79
Expérience IV	2°65	2°76
Expérience V	3°20	3°22
Expérience VI	1°31	1°29

[1] Les expériences sont classées d'après l'ordre adopté dans la figure schématique.

V. — *Expériences témoins sur le sang d'animaux polaires autres que* Cottus groenlandicus

Les faits mis en évidence dans les chapitres précédents sont si différents des données classiques qu'il m'a semblé indispensable de les comparer avec des recherches identiques, exécutées avec la même instrumentation, mais s'adressant à des animaux de la contrée arctique autres que le *Cottus*.

Nous donnons ci-dessous quelques-unes de ces expériences de vérification.

1° — *Détermination de l'abaissement du point de congélation.*

De nombreuses déterminations ont été faites :

a) sur les Mammifères : Renard bleu, Renne, Phoque, Baleinoptères.

b) sur les Oiseaux : *Fulmarus glacialis*, *Uria troïle*, *Larus*.

c) sur les Poissons : Morue.

d) sur les invertébrés : Oursins.

Nous avons toujours obtenu avec les liquides internes de ces animaux, un point de congélation *parfaitement fixe*. Jamais nous n'avons observé ces déplacements de la colonne mercurielle dans un sens ou dans l'autre qui sont de règle avec le sang complet, le sérum ou les globules de *Cottus*.

2° — *Mélange de sang avec une solution saline.*

a) Sang de *Phoca barbata* de $\Delta = -0°66$

On mélange avec un égal volume de NaCl de $\Delta = -0°66$

Δ du mélange calculé $-0°66$

Δ du mélange trouvé $-0°66$

b) Sang d'Oiseau. — *Fulmarus glacialis* de $\Delta = -0°66$

On mélange avec un égal volume de NaCl de $\Delta = -0°64$

Δ du mélange calculé $-0°65$

Δ du mélange trouvé $-0°64$

Même résultat avec solution de NaF.

c) Sang de morue de $\Delta = -0°74$

On mélange avec un égal volume de NaCl de $\Delta = -0°78$

Δ du mélange calculé $\frac{0°74 + 0°78}{2} = \frac{1°52}{2} = -0°76$

Δ du mélange trouvé $= -0°75$

On trouve donc le chiffre voulu à un centième de degré près.

Sang de morue de $\Delta = -0°76$

On mélange avec un égal volume de NaF de $= -0°83$

Δ du mélange calculé $\frac{0°83 + 0°76}{2} = \frac{1°59}{2} = -0°79$

Δ du mélange trouvé $= -0°81$

Le Δ trouvé surpasse le Δ calculé de deux centièmes de degré. C'est très faible en comparaison des chiffres trouvés pour le sang de *Cottus*, mais peut-être y a-t-il là un léger début du phénomène ?

d) Sang de crabe *Hyas coarctata* pris à Cross Bay le 19 août. Stn. 2498.

Δ du sang de crabe = — 2°02

On mélange avec un égal volume de NaCl de Δ = — 2°03

Δ du mélange calculé — 2°025

Δ du mélange trouvé — 2°03

Ainsi, avec aucun des sangs examinés, nous ne retrouvons les phénomènes que nous avons observés avec le sang du *Cottus* mélangé à volume égal avec une solution saline.

3° — *Dialyse du sang contre une solution saline.*

Sang de renard bleu de Δ = — 0°62

On le met à dialyser contre un égal volume de chlorure de sodium de Δ = — 0°66

Δ à la fin de l'expérience calculé $\frac{0°62 + 0°66}{2}$ = — 0°64

Δ du liquide intérieur (sang) trouvé = — 0°65

Δ du liquide extérieur trouvé = — 0°65

Donc, nous trouvons à un centième de degré près le Δ théorique, aussi bien pour le liquide extérieur que pour le liquide intérieur.

Le sang de renard bleu ne donne nullement naissance au phénomène observé avec le sang de *Cottus*.

En résumé : en utilisant du sang de mammifère, d'oiseau, de poisson, ou d'invertébré, et en employant l'instrumentation qui nous a servi pour le sang de *Cottus* nous ne retrouvons aucun des phénomènes physico-chimiques aberrants observés avec ce sang de *Cottus*.

Il semble donc qu'il n'a pu se glisser aucune erreur dans nos expériences et que nous sommes bien en droit de considérer comme solidement établis les phénomènes décrits pour le sang de *Cottus groenlandicus* des fjords du Spitzberg [1].

VI. — *Interprétation des phénomènes présentés par le sang de* Cottus groenlandicus.

A l'époque déjà éloignée où j'avais eu l'occasion de faire ces recherches dans les contrées polaires, il m'avait paru que les phénomènes si particuliers présentés par le sang de *Cottus* pouvaient s'interpréter de la manière suivante.

[1] Ce *Cottus* existe aussi dans les fjords de Norvège. Le 9 septembre il a été capturé au tramail par les matelots de la *Princesse Alice* entre Tromsö et Trondhjem. Je n'ai malheureusement pas pu vérifier si son sang présentait les mêmes réactions que celui des fjords du Spitzberg.

Nous conservons le nom de *groenlandicus* au *Cottus* du Spitzberg parce que nous l'avons ainsi désigné dans des mémoires antérieurs. Nils von Hofsten ne reconnaît qu'une espèce, *C. scorpius*, commune au Spitzberg, au Groenland et en Europe. Il ne peut donc y avoir de confusion, ce qui est l'essentiel. (Nils von Hofsten, *Die Fische des Eisfjords*, Zool. Engeb. schwed. Exped. nach Spitzbergen 1908, etc. Stockholm 1919, p. 8).

Les substances protéiques du sang auraient eu le pouvoir d'adsorber des ions salins ; dans cet état ceux-ci n'auraient plus exercé d'action sur l'abaissement du point de congélation, n'auraient plus participé à l'établissement de la concentration moléculaire.

Mais l'abaissement de température lors de la détermination du point de congélation ou l'addition au sang de solutions isotoniques, hypotoniques ou hypertoniques auraient modifié ces phénomènes d'adsorption, auraient provoqué une libération plus ou moins grande de ces ions, d'où l'augmentation de concentration moléculaire observée.

Mais en 1934, à la huitième réunion de l'Association des Physiologistes à Nancy, M. Nicloux, exposant ses remarquables recherches sur la diffusion de l'alcool dans l'organisme, interpréta les phénomènes qu'il observait en faisant intervenir la notion récente d'*eau liée*. Je fis remarquer, à ce moment, l'importance de cette nouvelle conception pour la physiologie comparée et je fis aussi le rapprochement des phénomènes découverts par M. Nicloux avec ceux que j'avais observés sur le *Cottus* des fjords du Spitzberg.

Rappelons donc brièvement ce qu'on entend par *eau liée*.

C'est en 1919 que Balcar, Sansum et Woodyat émirent l'opinion que, chez les êtres vivants, l'eau pouvait exister à des états différents, il y aurait une *eau liée* (bound water) et une eau libre. Un équilibre s'établirait entre ces deux sortes d'eau. Mais ces biologistes ne purent, à cette époque, fournir une preuve expérimentale de leur conception.

Ce sont Newton R. et Gortner R. A. qui, en 1922, montrèrent qu'on pouvait mesurer l'eau liée par la méthode cryoscopique dans des conditions qu'ils précisèrent. Pour ces biologistes, l'eau liée se trouvait dans un état *qui ne lui permettait pas d'agir comme solvant*. Notion très importante que nous retiendrons.

Krunyt et Winkler (1920), utilisant cette méthode, trouvent que l'amidon peut « lier » 80 pour 100 de son poids d'eau. Si on soumet l'amidon à l'action d'un déshydratant (tanin) ce pouvoir de liaison disparaît.

Rubner (1922) suggère que l'eau liée peut être définie comme la portion d'eau qui ne gèle pas, même quand le système est porté à — 20° C. De là une nouvelle mesure de l'eau liée en utilisant la chaleur latente de fusion de la glace d'une part, et connaissant l'eau totale du système d'autre part.

Une autre technique, et probablement la meilleure, est fondée sur la dilatométrie. On détermine la quantité de glace formée par la mesure de l'expansion du système. (Jones et Gortner, 1932).

Il est important pour le physiologiste de connaître la relation qui existe entre la concentration de la substance protéique et son pouvoir d'absorption pour l'eau liée.

Cette étude a été faite sur le gel de gélatine par Jones et Gortner.

Ils ont trouvé que dans un gel à 32 pour 100 de gélatine, chaque gramme de gélatine fixait 0 gramme 70 d'eau. Dans un gel à 2 pour 100, chaque gramme de gélatine fixe 4 grammes 7 d'eau.

D'une manière générale, ils ont trouvé une relation logarithmique entre la concentration du gel de gélatine et le nombre de grammes d'eau liée par gramme de gélatine sèche.

Voilà encore une constatation importante que nous aurons à utiliser.

Enfin, on a établi dans une série de travaux que nous ne pouvons rappeler tous ici, que l'eau liée intervient dans un grand nombre de processus biologiques.

Mais nous aurons à utiliser le fait suivant découvert par Sacharov (1930) : les insectes qui résistent au froid contiennent beaucoup d'eau liée et cette eau liée augmente pendant la préparation à l'hibernation.

Nicloux et ses élèves ont, dans une série de mémoires, étudié la diffusion de l'alcool dans l'organisme. Nicloux a bien montré que si on met un animal aquatique pourvu d'une branchie dans de l'eau faiblement alcoolisée (1 à 5 p. 1000), on constate que l'alcool diffuse à travers la branchie et envahit son sang et ses tissus.

Quand l'équilibre s'est réalisé, on dose l'alcool, d'une part dans le milieu extérieur, d'autre part dans l'animal dont on a déterminé la teneur totale en eau. On constate alors que « la teneur en alcool *rapportée à l'eau des tissus*, n'est pas égale à la teneur en alcool de l'eau du milieu extérieur ; elle lui est inférieure. Tout se passe comme si une partie de l'eau tissulaire (12 à 14 pour 100) était imperméable à l'alcool, cependant extrêmement diffusible ».

En somme, ces recherches sur la diffusion de l'alcool et sa répartition dans l'organisme constituent aux mains de Nicloux un procédé très exact non seulement pour démontrer l'existence, mais aussi pour déterminer la proportion d'eau liée.

Et maintenant, revenant au sang de *Cottus groenlandicus*, essayons d'interpréter les phénomènes qu'il présente à la lumière des travaux que nous venons de rappeler. Nous allons les passer successivement en revue.

1° *Incertitude sur la température de congélation du sang.*

Lorsque le sang est soumis à une température inférieure à 0 degré, on constate que, sur ce sang congelé, une agitation répétée fait varier sa température ; il y a une tendance à la montée donc à la dilution des électrolytes.

Il semble donc que, sous l'influence combinée de l'abaissement de température et de l'agitation, l'eau liée devienne en partie libre.

Il y a en somme un *équilibre instable* entre l'eau libre et l'eau liée.

2° Cet équilibre instable, nous le constatons encore lorsque, faisant cesser la surfusion du sang par l'apport d'un cristal de glace, nous observons une ascension du thermomètre qui ne se fait pas d'un seul jet mais par bonds, par étapes.

3° Lorsque nous ajoutons au sang son volume d'une solution saline, iso, hypo ou hypertonique, nous détruisons l'équilibre instable qui existe dans ce sang

entre l'eau libre et l'eau liée. Dans la majorité des cas, la proportion d'eau liée augmente et il en résulte une augmentation de la concentration moléculaire qui peut être considérable.

4° Dans les expériences de dialyse du sang contre une solution saline, il existe des substances protéiques à l'intérieur du dialyseur, donc de l'eau liée ; par contre, dans la solution saline, pas de substances protéiques, donc pas d'eau liée.

Deux cas peuvent se présenter :

a). Le liquide intérieur, au début de l'expérience, a une concentration moléculaire supérieure à celle du liquide extérieur.

Un peu d'eau [1] est attirée à l'intérieur du dialyseur, l'équilibre entre l'eau liée et l'eau libre est rompu, une nouvelle quantité d'eau est liée, et la concentration moléculaire du liquide interne augmente.

Le processus continue de sorte que, non seulement de l'eau, mais des sels du milieu externe pénètrent dans le dialyseur. Le résultat final prend une apparence paradoxale si on n'a pas présente à l'esprit la présence d'eau liée.

b). Le liquide intérieur, au début de l'expérience, a une concentration moléculaire inférieure à celle du liquide extérieur.

De l'eau commence à sortir du dialyseur pour pénétrer dans le liquide extérieur, tandis que des sels pénètrent dans le liquide intérieur. Ces échanges viennent, encore ici, rompre l'équilibre instable qui existe entre l'eau liée et l'eau libre. L'eau liée augmente aux dépens de l'eau libre ; la concentration moléculaire s'accroît dans le dialyseur et bientôt le courant est renversé ; l'eau et les ions salins pénètrent dans le dialyseur. Le phénomène se poursuivant, au bout de 24 heures, la concentration moléculaire dans le dialyseur devient supérieure à celle du milieu extérieur et on a le résultat en apparence paradoxal qui a été annoncé.

Avec l'eau distillée, le phénomène a une limite ; elle est sans doute atteinte quand les protéiques ont lié toute l'eau qu'ils pouvaient retenir.

En résumé, le phénomène caractéristique du sang de *Cottus* semble bien être une qualité spéciale des matières protéiques qui confère à l'équilibre entre l'eau liée et l'eau libre une instabilité tout à fait remarquable.

Il est probable que, chez le poisson vivant dans son milieu naturel, ce mécanisme a pour résultat de maintenir à un niveau presque invariable la concentration du milieu intérieur en face des variations énormes du milieu extérieur. C'est là un exemple d'adaptation très remarquable.

Mais de nouvelles expériences sont nécessaires pour préciser ce mécanisme.

[1] Cette eau n'est pas pure, elle renferme toujours du sel, les sacs de viscose ne constituant pas une paroi semi-perméable.

VII. — *Essai de vérification de la conception précédente.*

1° *Influence du vieillissement du sang.*

C'est seulement le sang ou le sérum récoltés depuis peu de temps qui présentent les phénomènes si spéciaux et même si inattendus qui ont été décrits.

Le sang extrait des vaisseaux depuis deux ou trois jours, même s'il ne présente aucune trace de putréfaction montre une forte atténuation des propriétés signalées.

On pourrait dire que c'est seulement le sang « vivant » qui les présente avec toute leur intensité.

2° *Influence de l'élévation de température.*

Mais ce sont les expériences de chauffage du sang qui apportent les meilleures preuves.

Rappelons d'abord les températures de coagulation des divers protides du sang :

Le fibrinogène se dédouble à 56° en deux globulines, l'une coagulable à cette température, l'autre coagulable de 64° à 72°.

La sérumglobuline est coagulée de 68° à 75°[1].

La séralbumine est coagulée à 75°.

Expérience I. — Cross Bay, 16 août.

Purée de globules de sang de *Cottus* obtenus par centrifugation.

a). Ces globules ont une température de congélation mal définie.

Quand on fait cesser la surfusion la température remonte de — 2°0 à — 1°50 d'une manière brusque.

On continue à brasser les globules, et la température remonte progressivement et lentement jusqu'à — 1°22. Le thermomètre se maintient à cette température qu'on adopte pour le Δ.

b). On mélange volumes égaux de cette purée de globules et d'une solution de fluorure de sodium de Δ = — 1°18.

$$\text{Ce mélange a un } \Delta \text{ calculé} = \frac{1°18 + 1°22}{2} = - 1°20$$

Ce mélange a un Δ trouvé = — 1°30

avec une incertitude de — 1°26 à — 1°30.

On voit donc qu'il y a eu augmentation de la concentration moléculaire sous l'influence de la dilution par une solution saline hypotonique.

c). On chauffe au bain-marie à 57°-58° pendant 15 minutes le mélange précédent.

On cryoscope de nouveau. On a Δ = — 1°20.

Mais la température n'est pas fixe ; par agitation, elle redescend à — 1°27.

[1] Ces données proviennent du sang des mammifères, mais les protides du sang de poisson doivent avoir des températures de coagulation voisines de celles-ci.

d). On chauffe de nouveau le mélange précédent au bain-marie à la température de 65°-67°.

On cryoscope de nouveau. On a $\Delta = -1°17$

Cette fois la température reste *parfaitement fixe*.

Le mélange de globules et de solution saline se comporte à la manière classique.

Expérience II. — Cross Bay, 17 août.

On prend du sérum de *Cottus* de $\Delta = -1°33$.

On le chauffe au bain-marie à 65°-66°.

Ce sérum devient opalescent et son nouveau $\Delta = -1°23$.

On voit que par le chauffage, l'eau liée redevient libre en partie et que la concentration moléculaire diminue.

Une seconde opération donne exactement le même chiffre ; il n'y a pas d'incertitude sur la détermination du point cryoscopique.

On mélange à parties égales ce sérum chauffé avec une solution de chlorure de sodium de $\Delta = -1°36$.

Δ du mélangé calculé $1°36 + 1°23 = -1°29$

Δ » trouvé — — — $= -1°41$

Ici, il y a variation du point cryoscopique de moins 1°41 à — 1°50.

Il semble donc que le chauffage à 65° n'ait pas été suffisant pour abolir l'augmentation de la concentration moléculaire par dilution.

Expérience III. — Cross Bay, 18 août.

a). Sang complet de *Cottus* conservé depuis la veille à une température voisine de 0°.

Son $\Delta = -1°32$, avec une certaine incertitude.

On chauffe au bain-marie à 65°-66° pendant 5 minutes.

On détermine de nouveau le point cryoscopique.

On a $\Delta = -1°23$ avec une incertitude de — 1°23 à — 1°26.

b). Le sérum du même sang est chauffé au bain-marie à 66°-67°. Il devient opalescent.

Son $\Delta = -1°29$.

On chauffe de nouveau au bain-marie à 70°-72°.

Le $\Delta = -1°23$. Point fixe.

On chauffe au bain-marie à 100°.

Le $\Delta = -1°24$. Point fixe.

De toutes ces expériences il résulte que le chauffage du sang ou du sérum de *Cottus* à une température suffisante pour coaguler les protides, donne les résultats suivants :

1°. — Il fait disparaître l'incertitude souvent très grande de la température de congélation du sang.

2°. — Il fait disparaître l'augmentation de concentration moléculaire qui résulte du mélange du sang de *Cottus* avec un égal volume de solution saline.

3°. — Les phénomènes paradoxaux sont d'autant mieux suprimés que le sang a été porté à une température plus élevée.

En somme tout se passe, semble-t-il, comme si le sang du *Cottus* renfermait de l'eau liée aux substances protéiques et liée d'une manière très instable.

Dès que ces liaisons sont supprimées, les phénomènes si spéciaux présentés par le sang sont supprimés [1].

CONCLUSIONS

Le sang de *Cottus groenlandicus* présente des réactions physico-chimiques très spéciales qui semblent en relation avec les conditions du milieu dans lequel vit ce poisson.

1° — Le point de congélation ne peut être déterminé avec précision.

Il semble que la variation de température fasse varier la concentration moléculaire de ce sang en rompant l'équilibre entre l'eau liée et l'eau libre.

2° — Il existe une différence sensible entre le point de congélation du sérum et celui des globules.

3° — Lorsqu'on mélange le sang complet, le sérum ou les globules avec un égal volume d'une solution saline hypotonique, isotonique, ou hypertonique, on obtient un liquide qui possède une concentration moléculaire très supérieure à celle qu'indique la théorie.

Lorsque le *Cottus* a vécu dans un milieu de faible salinité, il semble que le phénomène précédent soit inversé ; c'est-à-dire que la concentration du mélange est *inférieure* à celle qu'indique la théorie. Mais ce dernier fait n'ayant été constaté qu'une seule fois est à vérifier.

4° La dialyse du sang complet, du sérum, ou de la purée de globules contre une solution saline donne aussi des résultats très différents de ceux qu'indique la théorie.

5° Tous ces phénomènes anormaux sont atténués et progressivement abolis par le séjour du sang *in vitro*, même en l'absence d'interventions bactériennes.

Ils sont également supprimés quand on soumet le sang à un chauffage suffisamment élevé au bain-marie.

Il semble que tous les phénomènes décrits peuvent s'expliquer par l'existence d'une liaison labile entre l'eau du sang et les substances protéiques.

Intérêt d'une étude physico-chimique approfondie du sang de Cottus groenlandicus

Les faits exposés précédemment ne peuvent, je pense, laisser aucun doute sur l'existence de propriétés très remarquables dans le sang de *Cottus groenlandicus*.

[1] Cette influence de la coagulation des protides du sang par une élévation de température devait être poursuivie, notamment en ce qui concerne les phénomènes de dialyse. Mais l'approche de la date où la mer pouvait se congeler nous à obligés à quitter les parages du Spitzberg, avant que j'ai pu exécuter les expériences projetées.

J'avais le plus grand désir de poursuivre l'étude de ce sang avec les ressources de la technique actuelle. Mais comme depuis 1906, je n'ai pas eu l'occasion de retourner dans les contrées polaires, j'avais élaboré un programme de recherches qui devait être exécuté par un jeune biologiste de valeur, M. Parat, qui accompagnait Charcot dans son expédition au Groenland.

La mort glorieuse de l'illustre explorateur et de ses compagnons au retour, sur les côtes d'Islande n'a pas permis de connaître le résultat de ces recherches.

J'indiquerai donc ici brièvement les déterminations qui me semblent les plus importantes à exécuter.

Il va sans dire que, comme dans toute recherche scientifique, les résultats obtenus inciteront à s'engager dans de nouvelles voies.

1°. — La concentration moléculaire du sang de *Cottus*[1] semblant être fonction de la température, il serait indispensable d'essayer de la déterminer par une autre méthode que le cryoscope.

On pourrait utiliser la méthode de Hamburger fondée sur le volume globulaire en fonction de la concentration moléculaire (méthode de l'hématocrite).

On pourrait peut-être essayer aussi la méthode de Hill (pression de vapeur d'une solution).

2°. — Détermination de la conductivité électrique du sérum à diverses températures.

3°. — Détermination de la conductivité du sérum après dilution par des solutions salines ou par l'eau distillée.

4°. — Dosage des chlorures et des phosphates.

5°. — Étude de l'absorption de l'alcool par la méthode de Nicloux. Cette recherche devrait être poursuivie *in vivo* et sur le sang *in vitro*, en particulier au moyen de dialyses.

6°. — Variation de poids du *Cottus* en fonction de la salinité du milieu extérieur.

7°. — Étude histologique du rein.

8°. — Étude de l'urine du poisson placé dans des conditions variées de salinité.

Il me semblerait enfin bien intérsssant d'étudier la résistance du *Cottus* à la congélation.

Il ne faut pas oublier que l'*eau liée* est une eau qui ne gèle pas.

Le *Cottus* vit dans les fjords qui ne sont pas profonds et l'hiver, il est possible que cette eau se congèle complètement.

Il ne me semble pas impossible que l'eau liée du sang constitue à la fois, chez ce poisson, un mécanisme à l'adaption aux changements de salinité et à la résistance à la congélation.

[1] Le *Cottus groenlandicus* existant dans les fjords de Norvège, j'espère et je souhaite vivement que des recherches puissent être faites dans cette voie par nos collègues norvégiens.

RÉVISION DES TRAVAUX SUR LE MILIEU INTÉRIEUR EXÉCUTÉS DANS LE LABORATOIRE DE L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

Ces travaux sur le milieu intérieur des animaux marins poursuivis durant les campagnes du Prince de Monaco nous avaient montré le grand intérêt qu'il y aurait à continuer des recherches dans cette voie.

Des travaux de grande valeur avaient été faits à l'étranger, notamment en Italie par Bottazzi, mais, en France, bien peu de biologistes s'étaient occupés de cette question.

On trouvera ici un *aperçu* des travaux qui ont été poursuivis *au laboratoire de l'Institut Océanographique* depuis une vingtaine d'années sur cette question. Je n'entends nullement faire une mise au point de ce chapitre important de physiologie comparée.

Une indication des principaux mémoires est donnée à la fin du travail.

Je diviserai un peu artificiellement ce résumé très succint en deux parties.

Partie I. — *Recherches sur le milieu intérieur envisagé au point de vue statique*

Ici, nous étudions le milieu intérieur des animaux pris dans leur *habitat naturel* : eau douce ou eau de mer.

Téléostéens. — On savait que les Téléostéens d'eau douce avaient une concentration moléculaire très supérieure à celle de leur milieu et qu'au contraire, les Téléostéens marins avaient une concentration moléculaire inférieure à celle de l'eau de mer.

Mais peu de choses étaient connues concernant les substances chimiques qui participent à l'établissement de cette concentration moléculaire.

a). *Téléostéens d'eau douce.*

$\Delta = -$ 0°50 environ.

Les trois quarts de la concentration moléculaire sont fournis par le chlorure de sodium (Duval, 1925).

Les carbonates neutres qui constituent la « réserve alcaline » sont aussi très abondants.

On peut dégager de 35 à 42 centimètres cubes de gaz carbonique pour 100 centimètres cubes de sang. (Fontaine et M^me^ Boucher-Firly, 1934).

Les substances protéiques du plasma sont aussi très abondantes. (Fontaine et M^me^ Boucher-Firly, 1934).

b). *Télostéens marins.*

Δ variable de — 0°63 à — 1°04.

Le chlorure de sodium représente encore ici les trois quarts de la concentration moléculaire totale. (Duval).

Les carbonates (réserve alcaline) sont beaucoup moins abondants que chez les poissons d'eau douce.

Les substances protéiques sont également peu abondantes. (Fontaine et Mme Boucher-Firly).

Sélaciens. — On savait que ces poissons cartilagineux avaient une concentration moléculaire égale ou même un peu supérieure à celle de l'eau de mer environnante.

On savait aussi que les sels ne représentaient qu'une faible partie de cette concentration moléculaire et qu'enfin une quantité d'urée considérable (plus de vingt grammes par litre) existait dans le sang de ces poissons.

Mais le sens physiologique de la rétention de ce produit de déchet était inconnu.

Nous avons montré que les cellules des tissus internes de l'animal étaient pénétrées par l'urée ; que celle-ci n'exerçait donc aucune action osmotique sur les organes internes (foie-muscle-globules du sang). Mais que, par contre, les tissus de la périphérie (branchie, peau, rein) étaient imperméables à l'urée (Portier-Duval, 1923). La conséquence de ces faits est importante. En effet, chez les poissons osseux, soit qu'ils habitent l'eau douce ou l'eau de mer, il existe, comme nous l'avons vu, une forte dénivellation entre le milieu intérieur et le milieu extérieur ; le maintien pendant toute la vie, de cette différence de pression osmotique, exige un travail physiologique permanent, d'où dépense d'énergie correspondante.

Chez le Sélacien au contraire, l'égalisation presque totale, grâce à l'urée, des concentrations des deux milieux externe et interne supprime tout le travail physiologique qui existait chez les Téléostéens.

Au point de vue que nous envisageons, les Sélaciens ont donc une organisation plus perfectionnée que celle des Téléostéens.

Tuniciers. — Les zoologistes considèrent ces animaux comme intermédiaires entre les Vertébrés et les Invertébrés.

Duval et Prenant (1925) ont montré que chez eux comme chez les Sélaciens, la concentration moléculaire du milieu intérieur était légèrement supérieure à celle du milieu extérieur. Les remarques que nous venons de faire au sujet des Sélaciens s'appliquent donc aussi aux Ascidies.

Crustacés d'eau douce. — L'*Écrevisse* avait été étudiée. Mais, grâce à M. Richard, Directeur du Musée de Monaco, nous avons pu nous procurer une nouvelle espèce, la Telphuse[1], qui nous a procuré des données nouvelles et de grand intérêt.

Voici les résultats principaux de ces recherches :

Les Crustacés d'eau douce ont une concentration moléculaire très supérieure à celle de l'eau dans laquelle ils vivent.

[1] Aimablement procurée par le Prof. Raffaele de Rome.

Le chlorure de sodium joue un rôle très important dans l'établissement de cette concentration moléculaire ; 91 pour 100 chez l'Écrevisse et 93 pour 100 chez la Telphuse (Duval, 1927).

La réserve alcaline (carbonates) est très abondante chez les deux espèces (32 centimètres cubes de CO^2 chez Écrevisse et 23 centimètres cubes chez Telphuse).

Les matières protéiques sont également très abondantes (47 grammes 3 par litre chez Écrevisse et 45 grammes chez Telphuse).

Les sels du milieu intérieur ont été dosés avec beaucoup de précision (Mme Drilhon-Courtois, 1934).

Grâce aux travaux du laboratoire, le milieu intérieur de ces Crustacés est un des mieux connus.

Crustacés marins. — La concentration moléculaire est la même que celle de l'eau de mer (Bottazzi).

Duval (1925) confirme, mais il montre de plus que les chlorures ne représentent que 83 à 96 pour 100 de la concentration moléculaire totale.

La réserve alcaline est moins élevée que pour les Crustacés d'eau douce (6 à 15 centimètres cubes de CO^2 pour 100 centimètres cubes de sang). (Duval, 1925).

Vers marins. (*Siponcles*, *Arénicoles*, *Aphrodite*). — La concentration moléculaire du sang est égale à celle de l'eau de mer.

La teneur en chlorure de sodium est aussi la même que celle de l'eau de mer (Duval, 1925).

Duval (1924) a d'autre part établi que la concentration saline du milieu intérieur des invertébrés marins n'était *jamais supérieure* à celle de l'eau de mer. Certains biologistes l'avaient affirmé à faux.

Mollusques gastéropodes d'eau douce (Planorbe, Lymnée). — La concentration moléculaire du sang est nettement supérieure à celle de l'eau douce. (— 0°21 à — 0°25).

Les chlorures représentent environ 50 pour 100 de la concentration moléculaire.

Les carbonates de 35 à 45 pour 100.

On voit que les chlorures joints aux carbonates représentent la presque totalité de la concentration moléculaire (Duval, 1925).

Mollusques lamellibranches d'eau douce (Anodonte). — La concentration moléculaire du sang n'est que moitié de celle des Gastéropodes. $\Delta = -0°11$

Les chlorures représentent environ 40 pour 100 de cette concentration moléculaire.

Les carbonates sont abondants et représentent environ 40 à 50 pour 100 de cette même concentration.

Céphalopodes. — On sait depuis longtemps que la concentration moléculaire de leur sang est sensiblement la même que celle de l'eau de mer.

Les chlorures représentent environ 91 pour 100 de cette concentration moléculaire (Duval).

Les carbonates sont beaucoup moins abondants que chez les Mollusques d'eau douce.

Leur solution représente un $\Delta = 0°02$.

Il y a une très forte concentration de matières protéiques (11 grammes par litre).

Le sang contient aussi près de 1 gramme d'acides aminés par litre.

Gastéropodes marins (Buccinum undatum). — La concentration moléculaire est égale à celle de l'eau de mer.

Les chlorures représentent 95 pour 100 de cette concentration.

Les carbonates sont peu abondants et ne représentent guère que 1 pour 100 de la concentration totale (Duval).

Lamellibranches marins. — La concentration moléculaire totale, celle des chlorures et celle des carbonates sont les mêmes que dans l'eau de mer.

Le milieu intérieur ne diffère ici du milieu extérieur que par la présence de très faibles quantités de matières organiques (protéiques, glucose...). (Duval, 1925).

Echinodermes. — Mêmes résultats généraux que pour les Lamellibranches. Au point de vue des substances salines, il semble que le potassium est un peu plus abondant que dans l'eau de mer.

Résultats généraux. — De ces longues recherches sur le milieu intérieur des animaux marins, se dégagent quelques résultats généraux qu'il me semble important de mettre en évidence.

1°. — Le milieu intérieur des animaux marins ne contient jamais plus de chlorures que le milieu externe comme l'avait affirmé Quinton sur la foi de dosages provenant de méthodes défectueuses. L'erreur a été redressée par Duval.

2°. — Le milieu intérieur des animaux marins contient moins de carbonates, moins de phosphates, moins de protéiques que les animaux d'eau douce de la même classe.

La différence existe dans toute la série animale. (Duval et Portier, 1927 - Fontaine et Boucher-Firly, 1933).

On sait que les carbonates, les phosphates et les protéiques constituent des « tampons », des « amortisseurs » qui tendent à conserver la réaction ionique du milieu intérieur au niveau caractéristique de l'espèce, malgré les variations de la réaction ionique du milieu extérieur.

Or, dans l'eau douce, il se produit souvent des modifications soit vers l'acidité, soit vers la basicité[1] ; d'autre part, l'eau douce est très peu « tamponnée ».

L'eau de mer, sauf celle des mares littorales, n'est exposée qu'à de faibles variations de la réaction ionique, et de plus, elle est assez fortement « tamponnée ».

On comprend donc que, dans ces conditions, les animaux d'eau douce aient une « réserve alcaline » beaucoup plus forte que les animaux marins.

[1] Deux lacs voisins du Michigan sont l'un à pH 4,4, l'autre à pH 8,4, et les mêmes individus peuvent supporter le passage d'un lac à l'autre.

C'est bien, en effet, ce que les recherches faites au laboratoire ont révélé, et cela, aussi bien chez les poissons que chez les invertébrés.

Mue des Crustacés. — Chez les Crustacés macroures (Écrevisse), il existe une réserve calcaire dans un diverticule de l'estomac (yeux d'Écrevisse, gastrolithes). On sait que cette réserve calcaire est utilisée dans l'édification de la nouvelle carapace après chaque mue.

Chez les brachyoures, rien de semblable.

Mme Drilhon (1933-1935) a cherché ce qui se passait chez ces Crustacés au moment de la mue.

Elle a trouvé que chez *Maia squinado*, le milieu intérieur, avant la mue, s'enrichit en calcium, phosphore et glucose, et même en gaz carbonique sous forme de carbonates.

Dès que l'ancienne carapace a été rejetée, l'utilisation de ces réserves pour la formation de la nouvelle carapace se produit avec une extrême rapidité, et on peut constater une diminution subite des substances entreposées ; leur concentration retombe à la valeur normale.

Milieu intérieur et ossification du squelette. — Il y a des poissons à squelette membraneux (Cyclostomes) ; d'autres à squelette cartilagineux (Elasmobranches) ; d'autres enfin à squelette osseux (Téléostéens).

Il est évident qu'il serait très intéressant de connaître les facteurs physiologiques qui conditionnent ces différences.

Le problème de l'ossification est très complexe. On a montré que pouvaient intervenir : les vitamines (en particulier la vitamine D antirachitique, les glandes à sécrétion interne (en particulier la parathyroïde). Des recherches faites dans ce sens n'ont pas jusqu'à présent abouti à déceler des différences nettes entre les poissons osseux d'une part, et les poissons cartilagineux ou membraneux d'autre part.

Nous nous sommes donc demandé si l'étude du milieu intérieur envisagé au point de vue de la calcémie et de la phosphatémie ne pourrait pas fournir quelques données intéressantes.

Voici les résultats des expériences poursuivies à l'Institut Océanographique.

1°. — Il y a toujours autant, et souvent même un peu plus de *calcium total* chez les poissons membraneux ou cartilagineux que chez les poissons osseux (Fontaine et Portier, 1931).

2°. — Par contre, le *calcium adsorbable* (par le sulfate de baryum) a toujours une concentration plus forte chez les Téléostéens que chez les Sélaciens et surtout chez les Cyclostomes (Fontaine, 1934-1935).

3°. — Ces différences sont vraisemblablement en relation avec les différences de phosphatémie et de réserve alcaline signalées par Fontaine chez les poissons des deux groupes envisagés.

Ces résultats sont bien intéressants à rapprocher de ceux qui ont été obtenus chez les animaux rachitiques. Là aussi, on a montré que le sérum contient moins de « calcium adsorbable » que le sérum d'un animal normal.

Modifications du milieu interne sous l'influence de la reproduction. — Fontaine (1930) a montré que chez les poissons qui quittent la mer pour se reproduire en eau douce (*Alose*, *Lamproie*), on observait des modifications importantes du milieu intérieur.

La concentration moléculaire totale diminue et les chlorures diminuent encore plus.

D'autre part Mme Drilhon, Pora (1936) ont bien établi que chez les animaux (Poissons, Céphalopodes, Crustacés, Echinodermes) à l'état de maturité sexuelle, une analyse du milieu intérieur faite avec des méthodes chimiques suffisamment exactes met en évidence des différences constantes entre le mâle et la femelle.

C'est ainsi que, dans la classe des poissons, on trouve une concentration moléculaire totale, une concentration de chlore et une concentration de sodium supérieures chez le mâle.

Par contre, le calcium, la réserve alcaline, les protéines sont plus abondants chez la femelle.

Ces différences en fonction du sexe semblent s'atténuer ou même disparaître en dehors des périodes de reproduction.

Elles résultent vraisemblablement de l'action des hormones sexuelles.

Influence d'un parasite interne. — On sait que le *Carcinus mænas* est souvent envahi par un autre crustacé de l'ordre des Rhizocéphales : la *Sacculine*.

Des travaux de J. Cantacuzène (1912), Robert Levy (1924), Damboviceanu (1928) avaient montré que les *Carcinus* parasités présentaient des modifications du milieu interne.

Andrée Drilhon et E. A. Pora (1937) ont repris cette étude avec des méhodes précises.

Ils ont décélé dans l'hémolymphe des *Carcinus* envahis par la *Sacculine* les modifications suivantes :

1° Augmentation de la concentration du calcium et du magnésium.

2° Augmentation de la réserve alcaline.

Modifications des courbes de neutralisation et de coefficient tampon.

Modifications du pH (Crabes normaux 7,42, Crabes parasités 6,1).

3° Augmentation des protéines.

On sait enfin que la présence du parasite provoque une atrophie des glandes reproductrices de l'hôte (castration parasitaire).

Comment ne pas faire le rapprochement de ces faits avec ceux qui ont été décrits par Wheeler chez certaines fourmis du Texas (*Pheidole commutata*) ?

Les larves de cet insecte sont parfois envahies par un Nématode du genre *Mermis* et il en résulte des formes aberrantes que Wheeler a appelées *mermithergates*.

Ce sont des ouvrières qui attirent l'attention par leur taille gigantesque ; l'abdomen est distendu par le *Mermis* et, comme chez les Crabes parasités, les organes génitaux se sont atrophiés.

PARTIE II. — *Recherches sur le milieu intérieur envisagé au point de vue dynamique.*

Nous avons évidemment simplifié d'une manière exagérée en ne distinguant que deux milieux possibles pour les animaux aquatiques : eau douce, eau de mer.

Il existe, en effet, de grandes différences au point de vue de la salinité entre certaines mers (Baltique, Atlantique, Méditerranée, Mer Rouge...). On trouve des lagunes d'eau saumâtre sur le bord de la mer. A l'embouchure d'un fleuve, il n'y a pas passage brusque de l'eau douce à l'eau de mer et la salinité, en un point donné, peut varier considérablement suivant l'heure de la marée.

Comment vont se comporter les animaux aquatiques qui se trouvent dans ces zones de transition ?

Quels seront les mécanismes qui permettront à certains d'entre eux de résister, de s'adapter ?

Que sera devenu le milieu intérieur chez ceux qui auront succombé ?

Tels sont les problèmes dont nous abordons l'étude dans cette seconde partie.

Ces recherches s'imposaient d'autant plus à l'attention du laboratoire de l'Institut Océanographique que nous avions rencontré dans le *Cottus groenlandicus* des mécanismes d'adaptation du plus haut intérêt.

1° *Animaux sténohalins.* — L'immense majorité des animaux ne supporte pas le passage brusque d'un milieu à un autre.

Une Carpe, une Truite, une Écrevisse, une Anodonte plongées dans l'eau de mer manifestent aussitôt des signes de souffrance et ne tardent pas à succomber. Et de même un Congre, une Langouste, une Mye transportés dans l'eau douce meurent rapidement.

On désigne sous le nom de *sténohalins* ces animaux qui sont *étroitement* cantonnés dans leur milieu.

Mais si le passage brutal de l'eau douce à l'eau de mer est interdit chez les sténohalins, il n'en est pas de même du passage *progressif.*

En opérant par étapes et avec ménagement, on peut habituer une Carpe à vivre dans une eau de mer à 50 pour 100.

Que devient dans ces conditions le milieu intérieur du poisson ?

Sa concentration moléculaire beaucoup plus forte que celle de l'eau ambiante au début augmente en même temps que celle du milieu extérieur, mais elle augmente moins vite, de sorte que pour une température de congélation de — 0°60 environ, il y a égalité de concentration moléculaire entre le milieu intérieur du poisson et le milieu extérieur. (Duval et Portier, 1922).

Si on augmente encore *progressivement* la concentration moléculaire du milieu extérieur, celle du milieu intérieur s'accroît dans les mêmes proportions et l'égalité persiste entre les deux milieux. Mais la diminution de poids du poisson qui s'était manifestée depuis le début du passage dans l'eau salée s'accentue dans

cette zone, et bientôt l'animal présente des signes de souffrance. On ne peut guère augmenter la concentration du milieu extérieur au delà de la teneur en sels qui correspond au $\Delta = -0°90$.

A partir de ce point, les sels du milieu extérieur pénètrent dans le milieu intérieur et exercent une action néfaste.

Duval (1925) qui a mis au jour tous ces faits a montré également que c'est au niveau de la branchie que le conflit s'établit entre les deux milieux.

La réciproque est-elle vraie ? Allons-nous assister aux phénomènes inverses de ceux que nous venons d'exposer quand nous ferons passer progressivement un poisson de mer dans des eaux de moins en moins chargées de sel ? Non.

Un Congre dont le sang a un $\Delta = -0°77$ dans l'eau de mer de $\Delta = -2°14$ est placé dans une eau de mer diluée à $\Delta = -1°18$. Au bout de 5 heures, son milieu intérieur est resté presque sans changement ($\Delta = -0°75$). On peut ainsi le placer dans des milieux de plus en plus dilués sans observer de modifications de son sang.

Quand on s'approche de l'eau pure, il présente des signes de souffrance et meurt (Duval, 1925).

C'est là un résultat inattendu. Il serait désirable d'ailleurs de reprendre ces recherches avec un temps de séjour plus grand dans les milieux dilués.

Nous ne savons rien d'autre part sur les réactions présentées par un poisson de mer transporté dans une eau de mer plus concentrée que celle dans laquelle il vit.

Les *Sélaciens* sont des poissons sténohalins. Placés dans l'eau de mer diluée, leur milieu intérieur abaisse sa concentration moléculaire ; s'ils sont au contraire transportés dans de l'eau de mer concentrée, leur milieu intérieur se concentre lui-même.

Dans tous les cas, la concentration du milieu intérieur reste toujours plus forte que celle du milieu extérieur ainsi que cela a été établi lors de l'étude des phénomènes statiques.

Dès que le Sélacien est placé dans un milieu différant nettement de l'eau de mer normale, il présente des signes de souffrance et ne tarde pas à mourir. (Duval, 1925).

Parmi les *Invertébrés*, aussi bien ceux qui vivent dans la mer que ceux qui habitent l'eau douce, il y a peu d'animaux euryhalins.

Le milieu intérieur d'une Lymnée, d'une Anodonte, se charge de sels dès que le milieu extérieur présente lui-même une concentration moléculaire plus forte (Duval, 1925 et 1928).

Les Mollusques marins ont été très peu étudiés à ce point de vue, mais il semble que beaucoup d'entre eux soient sténohalins.

La plupart des Crustacés sont dans le même cas. Cependant l'Écrevisse supporte des variations de salinité bien plus considérables qu'on ne le supposait.

Mme Drilhon (1934) a montré que l'Ecrevisse pouvait être amenée de l'eau douce à un milieu de $\Delta = -1°50$ sans que son poids change sensiblement et sans que la composition saline de son milieu intérieur se modifie.

Dans un milieu de $\Delta = -1°85$, le poids de l'Ecrevisse commence à diminuer et les cathions pénètrent par la branchie.

Dans l'eau de mer pure, la mort arrive au bout de 72 heures.

Nous voyons en somme, qu'il y a bien des degrés dans la sténohalinité, ils permettent de s'acheminer graduellement à l'euryhalinité.

Pour nous, la véritable euryhalinité consiste dans ce fait que l'animal qui la possède peut passer directement ou par étapes de l'eau de mer dans l'eau douce et vice versa et continuer à vivre dans le nouveau milieu.

2°. — *Animaux euryhalins.* — Parmi les poissons, ce sont ceux qui, au moment de la reproduction passent des rivières dans la mer. On les désigne sous le nom de *catadromes* (Anguilles). Ou bien ceux qui passent de la mer dans l'eau douce, *anadromes* (Saumon).

Ce qui nous intéresse surtout, c'est de connaître le *mécanisme* qui permet au poisson de résister à des changements de salinité qui tuent les poissons ordinaires.

Or, nous savons maintenant que ces mécanismes ne sont pas partout les mêmes.

Nous avons étudié un des plus remarquables chez le *Cottus groenlandicus*.

Mlle Gueylard en a étudié un autre chez l'Epinoche. Ce petit poisson qu'on trouve souvent à l'embouchure des fleuves peut, à condition d'être convenablement nourri, passer de l'eau douce dans l'eau de mer et vice versa, et cela même sans aucun intermédiaire.

Quand un poisson d'eau douce (Goujon, Cyprin) est placé dans de l'eau additionnée de sels en quantité suffisante, il diminue de poids, obéissant au phénomène physique de l'osmose, et cette baisse de poids est *permanente.*

Une Epinoche traitée de la même manière commence aussi par perdre du poids, mais au bout d'une demi-heure, elle commence à récupérer ce qu'elle a perdu et deux heures après elle dépasse son poids primitif. (Mlle Gueylard et P. Portier, 1917).

Il y a donc là une réaction tout à fait spéciale, une courbe diphasique qu'on retrouve d'ailleurs, mais en sens inverse, lorsque le même poisson passe de l'eau salée dans l'eau douce.

Le mécanisme de ce fait nouveau et si curieux a été étudié par Mlle Gueylard dans sa thèse (1924).

Elle pense que des lipoïdes cholestériques sécrétés par la rate augmenteraient le pouvoir d'imbibition, de rétention d'eau des tissus.

Il est possible aussi que l'augmentation de poids soit une conséquence de la perméabilité aux sels qui se manifesterait au niveau de la branchie. Le milieu intérieur ayant augmenté sa concentration moléculaire, l'eau du milieu extérieur serait attirée.

Quoi qu'il en soit, ce fait, découvert dans le laboratoire de l'Institut Océanographique a été retrouvé ensuite chez divers animaux marins, notamment par Bethe chez l'Aplysie.

L'Anguille est aussi un poisson qui peut passer sans inconvénient de l'eau douce dans l'eau de mer et vice versa. Le mécanisme de son adaptation a été étudié par Duval.

L'Anguille qui vit dans l'eau douce a une concentration moléculaire nettement supérieure à celle des Téléostéens non adaptés ($\Delta = -0°62$). De plus, quand l'Anguille passe dans des milieux de salinité croissante, cette concentration moléculaire varie peu. Dans l'eau de mer, elle est devenue $\Delta = -0°78$.

C'est seulement quand l'Anguille est amenée dans l'eau de mer sursalée par évaporation ($\Delta = -2°53$) que le milieu intérieur se modifie beaucoup ($\Delta = -0°90$). Mais dans ces conditions, le poisson souffre et il ne tarde pas à mourir.

Le mucus joue un rôle important dans la défense du milieu intérieur.

Une anguille *essuyée* diminue la concentration moléculaire de son sang dans l'eau douce et l'augmente par rapport au témoin dans l'eau salée. (Portier et Duval, 1922).

Dans l'eau de mer, l'anguille normale a un $\Delta = -0°79$ et l'anguille *essuyée* $\Delta = -1°10$.

Dans ces conditions elle ne tarde pas à mourir.

Il existe très peu d'invertébrés euryhalins qui aient la faculté de passer de l'eau douce à l'eau de mer ou vice versa.

Le *Carcinus mœnas*, crabe marin, peut subir des changements de salinité assez considérables. Il vit indéfiniment dans l'eau de mer diluée de $\Delta = -0°60$ et peut vivre aussi dans l'eau de mer concentrée par évaporation.

Duval (1925) a montré que dans l'eau de mer normale ou concentrée, le *Carcinus mœnas* avait un milieu intérieur dont la concentration moléculaire était identique à celle du milieu extérieur.

Mais dès que le Crabe passe dans l'eau de mer diluée, son milieu intérieur cesse d'être en équilibre avec le milieu extérieur ; sa branchie s'oppose à la sortie des sels et son milieu intérieur reste suffisamment concentré pour que les éléments anatomiques ne souffrent pas.

La *Telphusa* est un Crabe d'eau douce qui vit dans plusieurs fleuves du bassin méditerranéen.

Grâce au Musée de Monaco, Duval, et plus tard M^me^ Drilhon, ont pu en recevoir une quantité assez considérable qui provenaient du Tibre[1].

La Telphuse peut passer de l'eau douce dans l'eau de mer, soit brusquement, soit par étapes successives.

[1] Grâce à l'obligeance de M. le Professeur Raffaele de Rome.

Durant son séjour dans l'eau douce, la concentration moléculaire de la Telphuse est relativement élevée ($\Delta = -1°17$)[1].

Quand on fait passer ce Crabe dans des solutions salines de plus en plus concentrées, son milieu intérieur se modifie relativement peu. Pour un milieu intérieur de $\Delta = -1°0$, celui du Crabe $= -1°32$[2].

A partir de ce point, la concentration moléculaire du milieu intérieur augmente plus rapidement, et pour une concentration de — 1°50 de l'eau salée environnante, les deux milieux se trouvent en équilibre. Cet équilibre persiste ensuite dans l'eau de mer pure et même concentrée.

En résumé. — Il semble que l'Anguille, l'Épinoche, probablement le *Cottus* et le *Carcinus* se sont adaptés, par des mécanismes variés, à réduire au minimum les variations du milieu intérieur. Ce sont des *conservateurs* du milieu intérieur.

La Telphuse, au contraire, laisse varier son milieu intérieur dans de grandes limites.

Il semble que chez ce Crustacé, ce soient les éléments anatomiques eux-mêmes qui se soient adaptés à vivre, à fonctionner, dans des conditions variées.

Disons d'ailleurs que les interprétations que nous proposons ne sont que provisoires, et que bien des points restent obscurs qui demandent de nouvelles recherches.

Modifications de la composition chimique du milieu intérieur qui accompagnent les variations de la concentration moléculaire.

Nous avons choisi la concentration moléculaire comme test de la modification du milieu intérieur.

C'est là, en effet, un renseignement global, qui a une grande valeur au point de vue physiologique et qui peut être obtenu rapidement au moyen du cryoscope.

Mais cette vue d'ordre général étant acquise, il est très désirable de savoir si le milieu intérieur est simplement dilué ou concentré sous l'action du milieu extérieur ou si, au contraire, la *proportion des éléments* qui le composent se trouve modifiée.

C'est cette dernière hypothèse qui se trouve vérifiée comme on va le voir.

En effet, lors du passage de l'eau douce dans l'eau de mer, des dosages soignés des sels du sang ont été faits chez les Crustacés et chez les Poissons.

Chez les Crustacés (*Telphusa*) M^me^ Drilhon (1934) constate : Une augmentation du sodium, du potassium et du calcium et une diminution du phosphore acido-soluble.

Chez l'Écrevisse mêmes résultats, mais avec une résistance très marquée au départ des sels.

[1] Rappelons que le Δ de l'Écrevisse qui vit dans les mêmes conditions, = — 0°80.

[2] La mise en équilibre est lente. Il faut laisser séjourner le Crabe pendant 15 à 20 jours dans le nouveau milieu.

Chez *Carcinus mænas* qui passe progressivement de l'eau de mer dans l'eau douce, nous observons le phénomène symétrique : diminution du sodium, du potassium, du calcium, mais aussi une diminution du phosphore acido-soluble.

En ce qui concerne les Poissons, les recherches ont besoin d'être complétées.

Fontaine et M^lle^ Firly (1932) ont trouvé que chez l'Anguille, il y avait peu de modification du phosphore minéral quand on passe de l'eau douce à l'eau de mer.

Pour la Carpe également, ils n'ont trouvé que de faibles modifications lorsque la salinité augmente. C'est seulement lorsque la concentration des sels est devenue néfaste pour le poisson (14 grammes par litre dans le milieu extérieur) que le phosphate augmente dans le sang. Mais il est possible qu'alors des phénomènes d'asphyxie interviennent.

En ce qui concerne les cathions, les recherches de M^me^ Drilhon et E. Pora (1936) montrent que, chez des Carpes plongées dans de l'eau de mer de concentrations croissantes, on observe une augmentation du sodium, une diminution du potassium depuis la salinité normale jusqu'à une concentration de — 0°91 et ensuite une augmentation. Mais celle-ci est peut-être due à des lésions de la branchie dans un milieu trop concentré.

Le calcium n'augmente guère non plus jusqu'à la salinité de — 0°91.

Il y a deux caractéristiques du milieu intérieur qui varient de la manière la plus nette au cours des changements de salinité, ce sont la réserve alcaline et la teneur en protéiques.

Toutes deux diminuent quand la salinité augmente et réciproquement croissent quand la salinité décroît. Le fait est vrai aussi bien pour les poissons que pour les invertébrés. M^lle^ Firly (1932), M^me^ Boucher-Firly (1934), M^me^ Drilhon et Pora (1936).

En somme, on peut dire que, d'une manière générale, quand des modifications chimiques se produisent dans le milieu intérieur sous l'influence des variations de salinité, elles tendent à rapprocher le milieu intérieur de l'animal d'eau douce de celui de l'animal marin, quand la salinité augmente, et réciproquement quand la salinité diminue.

Influence du changement de salinité sur la consommation d'oxygène.

Quand un animal aquatique passe de l'eau douce dans l'eau de mer *à même température*, on constate que, dans le même temps, il consomme moins d'oxygène.

Le fait a été établi pour la Telphuse (M^lle^ Raffy, 1934) ; pour les Civelles (M^lle^ Raffy et Fontaine, 1930) ; pour la Lamproie (Fontaine et M^lle^ Firly, 1935).

La réciproque est vraie.

Le phénomène est général, constant et très net.

Mais pour quelle raison y a-t-il diminution de la respiration quand on passe de l'eau douce dans l'eau de mer ?

Il semble que le phénomène soit conditionné par deux facteurs.

1°. — Nous avons vu que, par suite des différences de concentration moléculaire entre le milieu intérieur des animaux d'eau douce et le milieu extérieur, il s'établit un courant d'eau permanent qui pénètre par la branchie, traverse l'animal et sort au niveau de l'appareil d'excrétion (rein, glande verte des Crustacés...).

La quantité de liquide qui traverse ainsi l'animal peut être considérable.

Chez le poisson d'eau douce, elles correspond, pour un homme, à une élimination journalière de 6 à 18 litres d'urine.

Il y a donc là un travail énorme imposé à la branchie et au rein. La quantité d'énergie utilisée entraîne, on le comprend, une consommation d'oxygène qui n'est pas négligeable.

D'ailleurs, si on entrave la respiration des tissus par le cyanure de potassium, le fonctionnement des appareils intéressés est vicié et le milieu intérieur des animaux ne conserve plus son hypotonie normale.

2°. — Il y a une seconde raison qui accroît la consommation d'oxygène, c'est le *degré d'hydratation des tissus* qui est plus accentuée dans l'eau douce que dans l'eau de mer.

De nombreuses recherches ont montré que l'intensité respiratoire d'un tissu est fonction de son degré d'hydratation.

Mayer et Plantefol l'ont prouvé pour les mousses, P. H. Fischer pour l'Escargot, etc.

La dépense d'énergie dans le fonctionnement des mécanismes d'osmo-régulation est d'autant plus grande qu'une différence plus accentuée existe entre les deux milieux interne et externe.

On a constaté que chez les animaux d'eau douce (*Paramecium*, *Potamobius*), les organes excréteurs cessent de fonctionner quand ils sont placés dans une solution isotonique et, qu'en même temps, la consommation d'oxygène baisse d'une manière marquée.

Bien d'autres travaux de détail, sur le milieu intérieur, ont été poursuivis au laboratoire de l'Institut Océanographique ; mais je n'ai voulu indiquer que les principales directions dans lesquelles nous avons travaillé.

Cette question est toujours d'ailleurs en pleine évolution et elle donne lieu encore actuellement à des recherches qui promettent d'être fructueuses.

BIBLIOGRAPHIE

Balcar (J. O.), Sansum (W. D.) and Woodyatt (R. T.), Arch. Intern. Med. 1919, *24*, p. 116.

Boucher-Firly (Mme S.), *Sur quelques constituants chimiques du sang du Congre et de Murène*, Bull. Inst. Océanogr. 1934. N° 651.

* Boucher-Firly (Mme S.), *Recherches biochimiques sur les Téléostéens apodes (Anguille, Congre, Murène)*, Thèse Fac. Scienc. Paris. 1935, et Ann. Inst. Océanogr. 1935, *15*, fasc. 11.

Carrara, *Untersuchungen über den osmotischen Druck* etc., Vierteljarsschrift f. gerichtliche Medizin und Sanitätswesen (3), *24*, p. 2.

* Duval (Marcel), *Pression osmotique effective du sérum des Sélaciens vis à vis de leurs globules rouges*, Soc. Biol., 2 juin 1923.

* Duval (M.) et Portier (P.), *Imperméabilité á l'urée des divers tissus des poissons Sélaciens*, C. R. Acad. Scienc., 1923, *176*, p. 920.

Duval (M.), *Constance remarquable du milieu intérieur des Téléostéens marins*, C. R. Acad. Scienc., 1924, *178*, p. 128.

Duval (M.), *Relation entre la concentration moléculaire du sang des Crustacés marins et celle du milieu extérieur*, C. R. Acad. Scienc., 1924, p. 1754.

Duval (Marcel), *Recherches sur le milieu intérieur de quelques invertébrés marins*, Bull. Soc. Scient. d'Arcachon, 1924.

* Duval (M.), *Recherches physico-chimiques et physiologiques sur le milieu intérieur des animaux aquatiques*, Thèse Fac. Scienc., Paris, 1925, et Ann. Inst. Océanogr., 1925.

Duval (M.), *Sur la pression osmotique du milieu intérieur des Sélaciens*, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., *1*, 1925, p. 312.

Duval (M.) et Prenant (M.), *Concentration moléculaire du milieu intérieur d'une Ascidie*, C. R. Acad. Scienc., *182*, 1926, p. 97.

Duval (M.), *Recherches sur le milieu intérieur de* Telphusa fluviatilis. — *Adaptation de ce Crustacé d'eau douce aux changements de salinité*, Bull. Inst. Océanogr., 1927. N° 490.

Duval (M.), *Concentration moléculaire du sang de quelques Mollusques d'eau douce. — Rôle des carbonates*, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1928, *4*, p. 27.

* Drilhon (Andrée), *Étude biochimique de la mue chez les Crustacés brachyoures* (Maia squinado), Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1935, *11*, p. 301.

Drilhon (Mme Andrée) et Florence (G.), *Étude physico-chimique des sangs de poisson. — Courbes de neutralisation et de coefficient tampon*, Soc. Biol., 1935, *118*, p. 1320.

* Les travaux plus importants sont précédés d'un astérisque.

DRILHON (Mme Andrée), *Influence des variations de salinité sur la réserve alcaline du sang des Crustacés*, Soc. Biol., 1935, *118*, p. 770.

DRILHON (Mme A.) et PORA (Eug.), *Sacculine et Crabe. — Étude chimique et physico-chimique*, Trav. station biologique, Roscoff, 1936, fasc. 14.

DRILHON (Mme Andrée), *Le calcium et la mue des Crustacés brachyoures*, C. R. Acad. Scienc., *200*, 1935, p. 858.

DRILHON (Mme Andrée) et PORA (Eug.), *Ionisation et tampons du milieu intérieur du Crabe parasité* (Carcinus mænas *sacculiné*), C. R. Acad. Scienc., 1936, *202*, p. 1309.

DRILHON (Mme Andrée), *Quelques constantes chimiques et physico-chimiques du milieu intérieur du Crabe sacculiné* (Carcinus mænas), Soc. Biol., 1936, *121*, p. 1169.

DRILHON (Mme Andrée), *Régulation minérale du milieu intérieur chez les poissons sténohalins*, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1936, *12*, p. 139.

DRILHON (Mme Andrée), *Quelques constantes chimiques et physico-chimiques du milieu intérieur du Crabe sacculiné* (Carcinus mænas), C. R. Acad. Scienc., 1936, *202*, p. 981.

DRILHON (Mme A.), *Influence du parasitisme sur l'équilibre minéral des tissus (la Sacculine chez le Crabe)*, C. R. Acad. Scienc., 1937, *204*, p. 913.

DRILHON (Mme) et FONTAINE (M.), *Recherches sur la composition chimique du milieu intérieur de* Thalassochelys caretta, Bull. Inst. Océanogr., 1937, N° 720.

DRILHON (Mme A.), *Étude des échanges minéraux chez les poissons homéiosmotiques*, C. R. Acad. Scienc., 1937, *204*, p. 1502.

FONTAINE, *Modifications du milieu intérieur des poissons potamotoques au cours de la reproduction*, C. R. Acad. Scienc., 1930, *191*, p. 736.

FONTAINE, *Recherches sur le milieu intérieur de la Lamproie marine. — Ses variations en fonction de celles du milieu extérieur*, C. R. Acad. Scienc., 1930, *191*.

FONTAINE (M.) et FIRLY-BOUCHER (Mme), *Sur la teneur en protéines du sérum des poissons*, Bull. Inst. Océanogr., 1932. N° 610.

FONTAINE (M.) et PORTIER (P.), *Sur la teneur en calcium du sang des poissons marins*, C. R. Acad. Scienc., 1931, *193*, p. 1218.

FIRLY (Mlle S.) et FONTAINE (M.), *Sur la teneur en protéines du sérum d'Anguille et ses variations au cours des changements de salinité*, C. R. Acad. Scienc., 1932, *194*, p. 1854.

FIRLY (Suzanne), *Influence des variations de salinité sur la pression osmotique des Civelles*, Soc. Biol., 1932, *110*, p. 247.

FONTAINE (M.) et BOUCHER-FIRLY (Mme), *Influence des variations de salinité sur la réserve alcaline du sang des poissons*, Soc. Biol., *113*, p. 306.

FONTAINE (M.) et RAFFY (Mlle), *Influence de la suroxygénation du milieu extérieur sur la réserve alcaline du sang des poissons*, Soc. Biol., 1934, *115*, p. 949.

FONTAINE (M.), *Rapport entre l'ossification du squelette et l'état du calcium sanguin chez les poissons*, C. R. Acad. Scienc., 1934, p. 1452.

FONTAINE (M.) et RAFFY (Mlle A.), *Sur la consommation d'oxygène de la Lamproie marine* (Petromyzon marinus). *Influence de la salinité*, Assoc. Franç. pour Avanc. des Sciences, Nantes, 1935, p. 230.

GUEYLARD (Mlle) et PORTIER (P.), *Variations de poids de l'Épinoche passant d'un milieu à un autre de salinité différente. — Étude de l'adaptation aux changements brusques de salinité*, Soc. Biol., 1917, *80*, p. 538.

GUEYLARD (Mlle F.), *Intervention de la rate dans les phénomènes d'adaptation aux changements de salinité*, C. R. Acad. Scienc., 1923, *176*, p. 917.

GUEYLARD (Mlle F.), *Résistance des Épinoches aux variations de salinité*, Soc. Biol., 1923, *89*, p. 78.

* GUEYLARD (F.), *De l'adaptation aux changements de salinité. — Recherches biologiques et physico-chimiques sur l'Épinoche* (Gasterosteus leiurus *Cuv. et Val.*), Thèse Fac. Scienc. Paris, 1924, Vigot Éd., et Arch. Physique Biol., *3*, 1924.

IBANEZ (O. G.) et FONTAINE (M.), *Recherches sur les protéines du sérum sanguin de quelques poissons migrateurs*, Bull. Inst. Océanogr., 1935. N° 679.

JOLYET, *Sur quelques conditions de l'adaptation des mammifères cétacés á la vie aquatique*, Soc. Biol., 1902, *54*, p. 293.

JONES (J. D.) and GORTNER (R. A.), J. Phys. Chem., 1932, *36*, p. 387.

KRUYT (H. R. and WINKLER (K. C. Z.), Anorg. allgem. Chem. 1930, *188*, p. 200.

NEWTON (R.) and GORTNER (R. A.), Botan. Gaz. 1922, *74*, p. 442.

NICLOUX (M.), *L'eau des tissus : Possibilité de mettre en évidence une eau imperméable à l'alcool éthylique ; sa fixation par les protéides ; sa mesure, ses variations*, Bull. Soc. Chimie Biol., *16*, 1934, p. 822.

NICLOUX (Maurice), *Diffusion de l'alcool dans l'organisme et eau liée*, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1934, *10*, p. 887.

PORA (Eug.), *Sur les différences chimiques et physico-chimiques du sang suivant les sexes chez* Labrus bergylta, Soc. Biol., 1936, *121*, p. 102.

PORA (Eug.), *Sur les différences chimiques et physico-chimiques du sang des deux sexes de quelques invertébrés marins*, Bull. Inst. Océanogr., 1936. N° 689.

* PORA (Eug.), *Différences chimiques et physico-chimiques suivant le sexe*, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1936, *12*, p. 206.

Pora (Eug.), *Différences minérales dans la composition du sang suivant le sexe chez* Cyprinus carpio, Soc. Biol., 1935, *119*, p. 373.

Pora (Eug.), *Influence des fortes oxygénations du milieu extérieur sur la composition du sang de* Scyllium canicula, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1936, *12*, p. 238.

Pora (Eug.), *Sur les différences chimiques et physico-chimiques du sang des deux sexes des Sélaciens*, Soc. Biol., 1936, *121*, p. 105.

Portier (P.), *Pression osmotique des liquides des Oiseaux et Mammifères marins*, Journal de Physiologie et de Pathologie générale, n° 2, mars 1910 et Bull. Inst. Océanogr., n° 180, Monaco, 30 août 1910.

Portier (P.), *Adaptation du* Cottus groenlandicus *aux variations salines du milieu extérieur*, Congrès international de Physiologie de Groningue, 2-6 septembre 1913.

* Portier (P.) et Duval (M.), *Variations de la pression osmotique du sang des poissons téléostéens d'eau douce sous l'influence de l'accroissement de salinité de l'eau ambiante*, C. R. Acad. Scienc., 1922, *174*, p. 1366.

* Portier (P.) et Duval (M.), *Variation de la pression osmotique du sang des Sélaciens sous l'influence de la modification de salinité de l'eau environnante*, C. R. Acad. Scienc., 1922, *174*, p. 1493.

* Portier (P.) et Duval (M.), *Variations de la pression osmotique du sang de l'Anguille en fonction des modifications de la salinité du milieu extérieur*, C. R. Acad. Scienc., 1922, *175*, p. 324.

* Portier (P.), *Le milieu intérieur envisagé dans la série animale ; ses mécanismes régulateurs*, La Médecine, septembre 1928, p. 901.

Portier (P.), *Recherches sur le milieu intérieur du* Cottus groenlandicus *des fjords du Spitzberg*, Ann. Physiol. et Physico-chimie Biol., 1937, *13*, p. 183.

Richet (Ch.), *Du poids relatif des divers organes chez les Poissons*, Soc. Biol., 1888, p. 780-782.

Rodier (E.), *Observations et expériences comparatives sur l'eau de mer, le sang et les liquides internes des animaux marins*, Trav. Stat. Zool. Arcachon, 1899.

Rubner (M.), Abhandl. preuss. Akad. Wiss. phys. math. Klasse, 1922, p. 3-70.

Sacharov (N.), Ecology, 1930, *11*, p. 505.

Smith (Homer W.), *The composition of urine in the Seal*, Journ. of cellul. and comp. Physiol., 1935, 7, p. 465.

II. — RECHERCHES CHIMIQUES SUR LE SANG ET LES FERMENTS DU SANG DES ANIMAUX MARINS

(SUCRE DU SANG. — MONOBUTYRASE. — GLYCOLYSE).

Sucre du sang et ferments solubles du sang des animaux marins

C'est Cl. Bernard le premier qui a montré que le sang des vertébrés supérieurs (Mammifères, Oiseaux) renfermait toujours un sucre réducteur et cela quel que soit leur mode d'alimentation.

Ce sucre a été identifié avec le d- glucose.

La quantité de glucose contenue dans le sang varie suivant les animaux.

Il existe une correspondance remarquable entre la concentration du glucose dans le sang et la température de l'animal.

C'est ainsi que chez les Oiseaux dont la température est voisine de 42 degrés, le sang artériel renferme environ $2^{gr}15$ de glucose par litre.

Chez le Lapin qui a une température de 39°5 il n'y a plus guère que $1^{gr}20$ de sucre par litre de sang.

Chez le Cheval, la concentration du glucose tombe à $0^{gr}87$, et sa température normale est de 37 degrés et demi à 38 degrés.

Chez l'Homme, la concentration du glucose est de $1^{gr}10$.

Vers 1904, il existait très peu de documents sur la teneur en glucose du sang des vertébrés inférieurs. Nous avons donc résolu de profiter des occasions qui pouvaient s'offrir à nous au cours des Campagnes du Prince de Monaco pour faire des dosages du sucre dans le sang des Poissons et des Reptiles.

Méthode de dosage. — Elle comprend deux parties.

1°. — Récolte du sang et extraction du glucose contenu dans un volume donné qui est débarrassé de toute substance protéique.

2°. — Dosage proprement dit du glucose dans le liquide d'extraction.

1° — *Récolte et extraction du glucose*

On récoltait le sang qui s'écoulait du cœur incisé.

On sait que, chez les poissons, on recueille ainsi du sang *veineux*. Pour des raisons bien connues des physiologistes, il serait préférable de recueillir du sang artériel. Mais il y a là une difficulté qu'il était vraiment impossible de surmonter dans les conditions où on travaille sur un bateau.

Chez les gros poissons, comme le Thon ou le Germon, un seul animal donne une quantité de sang suffisante pour l'analyse.

Chez les poissons de moindre taille, comme les Serrans, chaque poisson ne donne guère que 2 centimètres cubes ; il faut donc accumuler le sang d'un assez grand nombre d'individus.

Ce sang est reçu sur du fluorure de sodium en poudre impalpable qui a le double avantage d'empêcher la coagulation et de supprimer la *glycolyse*, phénomène sur lequel nous reviendrons dans une autre partie de ce mémoire.

Il s'agit maintenant d'extraire le glucose du sang qui, pour le dosage, doit être contenu dans un liquide débarrassé de substances protéiques.

Le problème posé n'est pas simple à résoudre et plusieurs méthodes ont été proposées qui donnent lieu à des manipulations laborieuses et compliquées pour des résultats assez médiocres au point de vue de l'exactitude.

En 1902, M. Bierry et moi, nous avons publié une méthode beaucoup plus simple, rapide et très exacte. Elle a été, vers cette époque, adoptée en France, en Angleterre et en Allemagne par la plupart des physiologistes.

Elle consiste essentiellement, après avoir dilué le sang dans une proportion convenable par de l'eau distillée, à précipiter les matières protéiques par une solution de nitrate mercurique en ajoutant ce réactif par petites portions successives et en remuant constamment.

On neutralise ensuite avec de la lessive de soude, on réacidifie très légèrement avec un peu d'acide acétique à 50 %.

On transvase alors le magma obtenu dans un ballon jaugé (de 400 centimètres cubes par exemple). On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée. On agite pour rendre homogène.

On filtre. Il passe un liquide clair complètement dépourvu de matières protéiques, mais contenant un excès de sel mercurique.

On précipite celui-ci par un courant d'hydrogène sulfuré (ou par de la poudre de zinc). On filtre et on a un liquide prêt pour l'analyse.

En général, ce liquide contient cependant le glucose du sang dans un état de trop grande dilution. On le concentre donc au bain-marie dans le vide, c'est-à-dire à une température relativement basse.

La liqueur à titrer doit, en effet, renfermer au minimum $0^{gr}50$ de sucre pour 1000 centimètres cubes.

Le dosage du sucre se fait alors soit par la liqueur de Fehling ou une de ses modifications, soit par la méthode très précise mais assez délicate de G. Bertrand.

Nous renvoyons pour le détail de ces méthodes aux ouvrages classiques.

Voici d'ailleurs un exemple concret.

Dosage du sucre du sang du Germon (Thynnus alalonga)

Germon pris à la ligne le 17 juillet 1904. Stn. 1640.

Température de l'eau à la surface 20°5.

Température du Germon prise au milieu de la masse musculaire dorsale 23°5 [1].

On plonge le poisson dans un baquet d'eau de mer (20°5) ; aussitôt sa température tombe à 21°5.

Par incision du ventricule, on recueille 51 centimètres cubes de sang.

On traite ce sang comme il a été décrit.

Sang	51^{cc3}
Solution saline	51^{cc3}
Nitrate de Hg.....	45^{cc3}
Soude	$8^{cc3}\,1$
Total...	$155^{cc3}\,1$

On filtre. On traite le filtrat par l'hydrogène sulfuré.

On a alors un volume de 97 centimètres cubes.

On chasse l'hydrogène sulfuré ; on réduit par évaporation le volume à 76 centimètres cubes.

On dose avec la liqueur de Fehling ferrocyanurée (liqueur de Violette).

On trouve que 15 centimètres cubes de ce liquide renferment 2 mmg. 5 de glucose.

Mais il faut tenir compte des dilutions et évaporations que nous avons fait subir au liquide.

Nous avons réduit 97 centimètres cubes à 76 centimètres cubes.

C'est comme si nous avions réduit les $155^{cc3}\,1$ à $121^{cc3}\,4$.

Donc si 15 centimètres cubes renferment 2 mmg 5 de sucre

$$121^{cc3}\,4 \text{ renfermeront } \frac{2{,}5 \times 121{,}4}{15} = 20 \text{ mmg. } 23$$

Ainsi les 51 centimètres cubes de sang primitif contenaient 20,23 mmg. de sucre.

Un litre de sang renfermera $\frac{20{,}34 \times 1000}{51} = 376$ mmg.

Par conséquent, en chiffres ronds, le sang de ce Germon contenait 0,4 grammes de glucose.

Dosage du sucre du sang des Serrans (Serranus atricauda)

De nombreux Serrans sont pris à la ligne sur le banc Gorringe. Stn. 1671.

Dès qu'ils sont à bord, on les ouvre sur la ligne médiane et on sectionne l'artère branchiale. Le sang s'écoule souvent sous forme d'un petit jet, quelquefois goutte à goutte.

On le reçoit sur du fluorure de sodium en poudre. Chaque poisson qui pèse environ un kilogramme ne donne guère que 2 centimètres cubes de sang.

On recueille ainsi 60 centimètres cubes de sang en sacrifiant 35 poissons.

[1] On sait que la température de ces poissons peut surpasser beaucoup plus celle de l'eau de mer dans laquelle ils vivent. Cela dépend de l'intensité de leurs mouvements de natation.

On procède à l'analyse par la méthode employée pour le sang de Germon.

Résultat. — On trouve que le sang de ces Serrans contiennent o gramme 296 de glucose par litre

Soit en chiffres ronds o gramme 3 par litre.

Remarques sur ces résultats.

1°). Si nous comparons les deux chiffres obtenus pour ces deux espèces de poissons, nous voyons que la concentration du glucose dans le sang du Germon surpasse d'environ 30 °/₀ celle du sang de Serran.

Le Germon est, en effet, un poisson très vigoureux, très actif et dont la température est relativement très élevée pour un pœcilotherme.

Le résultat obtenu cadre donc bien avec les données admises sur le métabolisme des invertébrés.

2°). Il est intéressant de comparer ces résultats à ceux qui ont été publiées par M^me^ Randoin dans sa thèse de doctorat ès-sciences en 1918[1].

NOMS DES ESPÈCES	LIEU ET DATE DE LA SAIGNÉE	SUCRE DU SANG EN GRAMMES PAR LITRE
Mustelus lævis (Emissole)	Archipel de Madère Août 1912	0,79
Gadus æglefinus (Eglefin)	Côtes du Canada Août 1913	9,76
Urophycis (sp)	? Août 1913	0,61
Raja batis (Raie cendrée)	Archipel de Madère Août 1912	0,50
Raja sp.	Côtes du Canada Août 1913	0,34
Scyllium catulus (Petite Roussette)	Roscoff Septembre 1913	0,33
Scyllium catulus (Petite Roussette)	Roscoff Septembre 1913	0,29

On voit, en somme, que la concentration en glucose chez les deux poissons que j'ai eu l'occasion d'examiner est relativement basse.

On peut aussi remarquer, en examinant les chiffres donnés par M^me^ Randoin, qu'il semble exister une différence assez marquée, au point de vue qui nous occupe, entre les poissons qui proviennent de la région de Madère et ceux qui ont été pris sur les côtes de France.

[1] Beaucoup des sangs de poissons analysés par M^me^ Randoin ont d'ailleurs été recueillis au cours des Campagnes du Prince de Monaco pendant les années 1912 et 1913.

Le facteur prépondérant qui exerce son influence est sans doute la *température*.

Chez les homéothermes qui conservent une température invariable en toute saison, qui sont « soustraits à la tyrannie des climats et des lieux (Dastre) », la régulation thermique a comme corollaire la régulation glycémique.

Au contraire, chez les pœcilothermes, groupe auquel nos poissons appartiennent, la température interne est fonction de la température du milieu externe et la glycémie est elle-même largement influencée par la température interne.

Aussi, est-il regrettable que les températures de la mer où on a pêché les poissons n'ait pas été déterminée.

C'est ce que nous nous sommes efforcé de faire pour notre part [1].

Recherches sur la monobutyrase du sang des animaux marins

En 1898 M. Hanriot, Professeur à la Faculté de médecine de Paris a décrit un ferment soluble présent dans le sérum du sang de beaucoup d'animaux, auquel il donne le nom de *lipase*.

En réalité, ce nom n'était pas bien choisi, car des travaux postérieurs à celui d'Hanriot ont montré que si le ferment soluble en question existe bien, il n'est pas capable de dédoubler les graisses neutres.

En effet, Hanriot lui-même, pour reconnaître l'existence et doser l'activité de cette zymase, avait employé un éther de la glycérine découvert antérieurement par Berthelot : la *monobutyrase*, cette monobutyrine qui a pour formule $C^3H^5O—C^4H^7O\ (OH)^2$ et qui possède le grand avantage de fournir un acide soluble dans l'eau.

Berthelot avait d'ailleurs montré que ce composé était facilement dédoublé par le suc pancréatique.

Méthode de recherche. — Pour mettre en évidence et même doser l'activité de la lipase dans un liquide biologique, Hanriot conseille de procéder de la manière suivante.

Le liquide où l'on veut mettre en évidence la monobutyrase est additionné de phtaléine et exactement neutralisé par le carbonate de sodium.

On la divise alors en deux parties.

La première moitié est abandonnée à elle-même ; elle devra rester neutre, c'est le *témoin*.

La seconde moitié est additionnée de monobutyrine ; si la monobutyrase existe elle s'acidifiera rapidement.

Dans les premiers essais tentés par Hanriot, il reconnut la présence du ferment dans le sérum sanguin, le pancréas, le foie.

[1] Il y a au point de vue de l'influence de la température sur la glycémie un exemple typique, c'est celui de la Marmotte, animal hibernant.

A l'état de veille sa température est de 39°5 et sa glycémie de 2 grammes 03 par litre.

Pendant le sommeil, sa température tombe à 10° et sa glycémie à 0 gramme 64.

Par contre, les capsules surrénales, la rate, en renferment très peu ; la lymphe, le muscle, le testicule, la glande thyroïde n'en contiennent pour ainsi dire pas.

Dosage de la monobutyrase. — Pour pouvoir mesurer l'activité du ferment, il est d'abord nécessaire de définir l'*unité de mesure.*

Hanriot définit l'activité lipasique de 1 centimètre cube de liquide à étudier par le nombre de millionièmes de molécules d'acide mis en liberté pendant 20 minutes à la température de 25°.

Le poids moléculaire de l'acide butyrique étant 88, si l'activité du ferment est égale à 33, un centimètre cube met en liberté dans les conditions spécifiées une quantité d'acide butyrique représentée par $\frac{33 \times 88}{1.000.000}$ grammes.

On voit donc que cette activité sera mesurée par le nombre de gouttes d'une solution de carbonate de soude telle que chacune d'elles sature exactement 0,000001 molécule d'acide.

Pour simplifier les calculs, Hanriot conseille d'employer une burette qui donne 20 gouttes au centimètre cube et d'employer une solution de carbonate de soude renfermant 2 grammes 12 de $Co^3 Na^2$ par litre.

Pour déterminer l'activité lipasique d'un liquide, on prend donc, d'après Hanriot, 1 centimètre cube que l'on ajoute à 10 centimètres cubes d'une solution de monobutyrine à 1 %.

On chauffe vingt minutes à une température de 25°, et on sature de nouveau par la solution de carbonate de soude à 2 grammes 12 par litre.

Le *nombre de gouttes* de cette solution mesure l'activité lipasique.

Voici l'activité lipasique trouvée par Hanriot pour le sérum de différents animaux. Nous rappelons ces données qui nous permettront d'avoir un point de comparaison pour les résultats que nous avons obtenus chez les animaux marins.

Mouton	9	Ane	16
Lapin	11	Chien	23
Homme	12	Canard	32
Cheval	14	Anguille	155

Monobutyrase du sang de Phoque

Premier Phoque. — Le 28 juillet 1899 au Spitzberg, un *Phoca barbata* est tué par le Prince de Monaco. Stn. 1062.

Quelques heures après la mort de l'animal, on prend le sang contenu dans les cavités du cœur. Ce sang, même battu, coagule difficilement.

On le centrifuge et on obtient un sérum assez fortement coloré.

On laisse ce liquide reposer pendant la nuit dans le laboratoire du pont, et le lendemain matin, on procède à la détermination du pouvoir lipasique en suivant exactement les indications données par Hanriot.

On obtient les chiffres suivants : 1° 7,0 ; 2° 6,0.

Deuxième Phoque. — Phoca barbata de 210 kilogrammes. Stn. 1072.

Il a été tué par le Prince à Red bay (Spitzberg), le 12 août 1899. (Balle explosive dans la tête).

On recueille le sang qui s'écoule d'un sinus veineux.

On le centrifuge, on décante le sérum et on laisse reposer celui-ci dans le laboratoire du pont pendant la nuit (température + 3°).

On procède au dosage de la monobutyrase par la méthode de Hanriot.

On emploie successivement deux monobutyrines d'origines différentes.

On obtient les chiffres suivants :

1° monobutyrine de Poulenc	9,0
2° monobutyrine de Nitzberg	8,0

On voit donc, en somme, que la monobutyrase du sang de Phoque a une activité qui se classe parmi les plus faibles si on la compare à celle des autres Mammifères étudiés.

Elle est notablement inférieure à celle du Chien (23), qui, au point de vue physiologique a tant de rapports avec le Phoque.

Monobutyrase du sang de Morue

Le 3 septembre 1899, un grand nombre de belles Morues sont prises au tramail dans le fjord de Tromsö. Stn. 1080.

On sectionne le cœur de chaque poisson, on défibrine le sang qui s'en écoule, on le centrifuge.

On détermine l'activité de la monobutyrase par la méthode de Hanriot.

On emploie successivement deux monobutyrines d'origine différente.

On obtient les chiffres suivants :

1° monobutyrine de Poulenc.....	21
2° monobutyrine de Nitzberg	17

On voit donc que la monobutyrase du sang de Morue est plus active que celle du sang de Phoque.

Monobutyrase du sang et de l'hépato-pancréas des Crustacés

Au cours de ses recherches, Hanriot avait cherché vainement la monobutyrase dans le sang du Homard.

On sait, d'autre part (Dastre) que les lipides, chez les Crustacés, paraissent localisés dans l'hépato-pancréas. On pouvait alors se demander si cette grosse glande des Crustacés ne contiendrait pas en même temps la monobutyrase.

C'est pour décider ces questions que j'ai entrepris les recherches qui suivent.

1°. *Monobutyrase de* Gecarcinus. Stn. 1184.

(Campagne de 1901 aux îles Canaries et aux îles du Cap Vert)

A. *Sang*. — On recueille le sang qui est oxalaté à la sortie de l'animal.

Activité de la monobutyrase nulle.

Nous confirmons donc sur ce point les résultats de Hanriot.

B. *Hépato-pancréas*. — Organe broyé, mélangé à son volume d'eau distillée, filtré sur papier Chardin.

On détermine le pouvoir lipasique d'après la méthode de Hanriot.

On fait deux expériences.

1re expérience : 220.

2me expérience : 280.

On voit donc que, contrairement au sang, l'hépato-pancréas possède un pouvoir lipasique très élevé.

C. *Disparition de la monobutyrase avec le temps*. — Hépato-pancréas de *Gecarcinus* broyés puis additionnés de deux volumes de fluorure de sodium à 2 p. 100.

On filtre. On détermine le pouvoir lipasique.

On le trouve égal à 120[1].

Cette macération passe la nuit dans le laboratoire (température 30°).

Le lendemain matin, on constate que le liquide de macération est devenu nettement acide à la phtaléine. On le neutralise et on détermine son activité sur la monobutyrine.

On trouve qu'elle est nulle.

Il semble donc bien que la monobutyrase s'est détruite pendant la nuit.

2°. *Monobutyrase du sang de* Geryon affinis. Stn. 1189.

A. *Sang*. — Sang oxalaté.

Activité de la monobutyrase 3.

Donc, chez cette espèce de Crustacé, le sang ne contient qu'une quantité négligeable de monobutyrase.

B. *Hépato-pancréas*. — Ils sont broyés, additionnés de deux volumes d'eau distillée, et filtrés sur papier Chardin.

On fait trois expériences qui donnent les chiffres suivants pour le pouvoir lipasique : 1°, 80. — 2°, 60. — 3°, 60.

Une quatrième expérience est faite avec une macération de l'hépato-pancréas dans le fluorure de sodium.

On trouve un pouvoir lipasique égal à 45.

[1] Détermination faite le soir à la lumière électrique. Elle présente moins de garantie que les expériences précédentes, car on voit moins bien le virage qu'au jour.

On voit donc que chez le *Geryon affinis* comme chez le *Gecarcinus* le pouvoir lipasique du sang est à peu près nul, mais que celui de l'hépato-pancréas est très élevé.

Nous n'avons pas retrouvé pour l'hépato-pancréas du foie de *Geryon* l'autodestruction de la monobutyrase, mais l'expérience a été faite dans des conditions qui ne sont pas irréprochables. L'expérience à ce point de vue serait à reprendre.

Monobutyrase de quelques Mollusques marins.

Nous donnons ici brièvement le résultat de quelques expériences qui ont été faites au laboratoire maritime de Roscoff parce qu'elles complètent les recherches précédentes et qu'elles permettent une comparaison entre les Crustacés et les Mollusques.

1° *Pecten maximus.* — Le sang et l'extrait de foie contiennent une monobutyrase ; elle est plus active dans le foie (20 gouttes) que dans le sang (14 gouttes). Mais on voit qu'ici la différence est moins grande que pour les Crustacés.

2° *Cytherea chione*, *Venus verrucosa.* — Ces Mollusques contiennent une monobutyrase encore moins active que celle du *Pecten.*

En résumé. — Les Mollusques marins semblent contenir une monobutyrase beaucoup moins active que celle du foie des Crustacés.

Recherches sur la glycolyse.

Nous avons vu précédemment qu'il existe dans le sang des Vertébrés[1] un sucre réducteur, le glucose.

La concentration de ce sucre varie suivant les espèces. Elle est constante pendant une grande partie de l'existence chez les homéothermes. Chez les pœcilothermes, par contre, elle varie en fonction du milieu externe et en particulier de la température.

Si on recueille aseptiquement du sang de Mammifère ou d'Oiseau et qu'on le maintienne à une température voisine de 40 degrés, on constate que le glucose diminue progressivement et finit par disparaître complètement.

On a donné à ce phénomène le nom de *glycolyse.*

On sait d'ailleurs maintenant ce qu'est devenu le glucose. Chacune de ses molécules s'est dédoublée en deux molécules d'acide lactique qui n'a plus de pouvoir réducteur. (Embden, Chelle et Mauriac, Bierry H. et Portier).

Tous les sucres ne subissent pas la glycolyse. Chez le Chien, les seuls sucres qui sont dédoublés dans le sang sont les suivants : glucose, galactose, lévulose, mannose, maltose. Ce sont donc les sucres qui peuvent être utilisés par les tissus pour leur nutrition.

[1] Et aussi des Invertébrés évolués comme les Mollusques.

Il existe donc un parallélisme remarquable entre le pouvoir de subir la glycolyse et l'assimilabilité des différents sucres.

C'est ce fait qui donne toute sa signification au phénomène étudié et qui souligne l'intérêt qui s'attache à cette étude.

Si d'assez nombreuses recherches sur la glycolyse avaient été faites sur les Mammifères et les Oiseaux, aucune, à ma connaissance, n'avait été entreprise chez les Reptiles, Poissons et Invertébrés.

C'est ce qui m'a incité à tenter quelques expériences en profitant des occasions qui venaient s'offrir au cours des campagnes du Prince de Monaco.

La réalisation des expériences de glycolyse présente beaucoup de difficultés. Voici les raisons de ce fait.

Si on recueille sans précaution d'asepsie le sang d'un animal, le sucre de ce sang disparaît ; mais cette disparition ne signifie nullement qu'il a subi la glycolyse.

Il est devenu la proie des bactéries qui, dans ces conditions, se multiplient dans le sang et produisent des remaniements chimiques qui portent aussi bien sur les glucides, que sur les protides et les lipides.

Si l'on veut étudier le phénomène de la glycolyse, il est donc indispensable de procéder avec une *asepsie rigoureuse* à toutes les opérations compliquées que nécessitent ces recherches.

Il est d'abord nécessaire d'introduire une canule stérile dans un vaisseau, de préférence une artère, pour conduire le sang dans un vase stérilisé à 120°.

Glycolyse chez les Chéloniens.

Il est donc indispensable d'avoir un animal de taille suffisante. C'est pour cette raison que nous avons souvent choisi la Tortue de mer commune dans la région des Açores (*Thalassochelys caretta*).

L'animal est suspendu par les pattes postérieures ; on fixe à sa mâchoire inférieure un poids de 15 à 20 kilogrammes ; le cou est ainsi rigide et tendu. On peut alors inciser les téguments, découvrir la carotide qu'on ouvre aseptiquement avec un petit couteau de thermo-cautère, ce qui permet d'introduire la canule stérile dans l'artère.

Le sang est reçu dans un ballon qui contient des billes de verre et qui a été préalablement porté à 120° à l'autoclave.

Comme on opérait dans les parages des Açores, on laissait le sang dans le laboratoire où régnait une température d'au moins 25 degrés.

Le sang de cette Tortue, à cette époque de l'année contient environ 0,80 grammes de sucre par litre.

S'il s'agissait d'étudier la glycolyse proprement dite, on se contentait d'analyser le sang conservé dans le laboratoire au bout de quelques jours.

Si on désirait étudier l'action du sang de Tortue sur du galactose ou du lévulose, on ajoutait une solution aseptique de ces sucres au sang et en procédant à l'analyse au bout de quelques jours, on voyait si le sucre ajouté avait disparu.

Les méthodes de dosage sont celles que j'ai indiquées précédemment.

Toutes ces opérations sont relativement simples quand on les effectue dans un laboratoire à terre ; elles deviennent extrêmement laborieuses et difficiles quand il faut les accomplir en mer par le roulis ; l'asepsie rigoureuse est particulièrement difficile à réaliser dans ces conditions ; aussi, à la fin de chaque expérience, avant de procéder à l'analyse du sang, on prélevait deux gouttes du liquide qu'on ensemençait sur un milieu de culture.

Si des bactéries se développaient, on rejetait l'expérience.

Résultats. — 1° Chez les Tortues des Açores qui viennent d'être capturées, qui, par conséquent, ont été nourries abondamment et qui se trouvent dans de très bonnes conditions physiologiques, nous avons constaté que le sang contenait un ferment glycolytique et un ferment galactolytique.

Ces ferments semblent cependant moins actifs que ceux qui existent dans le sang des Mammifères et des Oiseaux ; mais des expériences plus nombreuses et plus variées seraient nécessaires pour le décider d'une manière certaine.

2° Une grosse Tortue est capturée dans les parages des Açores en septembre 1904.

Elle est conservée au Musée de Monaco dans un bac d'eau de mer pendant une dizaine de jours, puis elle est expédiée au laboratoire de la Sorbonne à Paris.

Je pensais par ce moyen réaliser plus facilement les expériences aseptiques précédemment décrites. (Stn. 1890, Tortue de 29 kg.).

Le 2 décembre, on procède à une prise de sang dans la carotide ; l'expérience est faite dans les meilleures conditions.

Incidemment, on constate ce fait curieux que le lendemain, le sang, qui a été cependant agité avec des billes de verre, n'est pas encore coagulé. Ce retard considérable de la coagulation est à rapprocher de ce qui a été observé par Delezenne chez les Oiseaux.

Ce sang finit cependant par coaguler à la suite d'une nouvelle agitation.

On le répartit alors dans deux flacons dont l'un contient 0 gramme 06 de galactose et l'autre la même quantité de lévulose.

Chacun de ces flacons contient 35 grammes de sang.

On place à la température de 40° le 3 décembre. Le 6 décembre, on procède à l'analyse de ces 2 flacons après avoir prélevé deux gouttes de liquide pour ensemencer un bouillon de culture qui reste stérile.

Dans ces conditions, il est certain qu'un sang de Mammifère eût entièrement dédoublé tout le sucre qu'il contenait et que le pouvoir réducteur serait tombé à zéro.

Il n'en est pas de même pour le sang de cette Tortue. Non seulement les sucres ajoutés (galactose et lévulose) n'ont pas été touchés, mais le glucose normalement contenu dans le sang n'a été transformé que dans des proportions très faibles.

Ainsi, cette Tortue qui n'avait sans doute pas mangé depuis longtemps et qui avait subi une baisse de température appréciable puisque nous étions au mois de décembre avait un métabolisme très ralenti, fait bien connu, classique.

Mais, ce qui peut nous étonner, c'est que le sang placé à 40° n'ait pas eu son métabolisme exalté comme cela se fût passé pour l'animal lui-même dont on eût élevé la température.

Il y a là un phénomène insolite qui mériterait d'être étudié méthodiquement.

Il serait, semble-t-il, intéressant à ce point de vue, de tenter des expériences sur les animaux hibernants.

Glycolyse chez les Echinodermes.

a). *Oursins.* — Spitzberg. Station 1052. 10 juillet 1899.

De gros Oursins, *Spatangus purpureus*, sont recueillis par la drague à 440 mètres de profondeur.

On fait une blessure au test de l'oursin et on recueille le liquide qui s'écoule par la blessure.

Comme il est impossible d'opérer aseptiquement, on ajoutera un antiseptique (camphre) pour éviter le développement des bacteries.

On dispose donc trois flacons.

A { Liquide cœlomique filtré sur coton de verre 50^{cc3}.
Glucose $0^{gr}1$.
Camphre.

B { Même composition, mais liquide cœlomique bouilli.

C { Même composition que A mais sans glucose.

On place les trois flacons à l'étuve à 38° où ils restent cinq jours.

On procède alors à l'analyse des trois flacons.

Les deux flacons A et B montrent le même pouvoir réducteur. Le flacon C ne montre aucun pouvoir réducteur, il ne contient pas trace de glucose.

On s'était assuré d'autre part qu'au moment du prélèvement sur l'animal il ne contenait non plus aucune trace de sucre.

Conclusion. — Il a été impossible de mettre en évidence un ferment glycolytique dans le liquide cœlomique de ces Oursins.

b). *Holothuries.* — Spitzberg. Station 1052. 10 juillet 1899.

Grosses Holothuries (*Stichopus* sp). On extrait les organes qu'on laisse macérer environ une heure dans le liquide cavitaire à la température du laboratoire (18°). On filtre sur coton de verre.

On constate que ce liquide cavitaire ne contient pas de sucre réducteur.

On dispose les trois flacons.

A { Liquide cœlomique filtré 50^{cc3}. Glucose $0^{gr}1$. Camphre.

B { Même composition, mais liquide cœlomique boulli.

C { Même composition que A mais sans glucose.

Ces flacons sont placés à l'étuve à 38° où on les laisse six jours.

On procède alors à l'analyse des trois flacons.

Le flacon A contient environ 50 % moins de sucre que B.

Le flacon C ne contient toujours pas trace de sucre.

Conclusion. — Il semble donc bien que ce liquide cavitaire où avaient macéré les organes (et qui contenait des fragments assez abondants) renfermait un ferment glycolytique d'activité assez faible d'ailleurs.

Aucune vérification sur l'asepsie du contenu des flacons au moyen de cultures n'a pu être faite en raison des conditions où nous nous trouvions au Spitzberg.

BIBLIOGRAPHIE

Bertrand (Gabriel), *Le dosage des sucres réducteurs*, Bull. Soc. Chim. de Paris, *35*, 1906, p. 1285.

Bierry et Portier, *Sur le dosage du sucre du sang*, Soc. Biol., *54*, 1902, p. 1276.

Bierry et Portier, *Sur le dosage du sucre du sang*, Soc. Biol., *74*, 1913, p. 570.

Bierry (H.) et Portier (P.), *Formation d'acide d- lactique au cours de la glycolyse aseptique*, Soc. Biol., *76*, 1914, p. 864.

Hanriot (M.), *Sur la lipase*, Arch. de Physiol., 5e série, *10*, 1898, p. 797.

Portier (P.), *Sur la glycolyse des différents sucres*, Soc. Biol., *55*, 1903, p. 191.

Randoin-Fandard (Mme Lucie), *Sucre libre et sucre protéidique du sang*, Thèse Fac. des Sciences. Paris, 1918. Jouve, 15, rue Racine.

III. — FERMENTS DU TUBE DIGESTIF DES ANIMAUX MARINS.

Recherches sur les ferments solubles du tube digestif de Phoca barbata.

Phoque tué en août 1899 au Spitzberg par le Prince de Monaco. Stn. 1075.

On prélève ses organes peu de temps avant sa mort.

Estomac. — Il était rempli d'une bouillie acide dans laquelle on reconnaissait de très nombreuses carapaces de petits crustacés ramollies par le suc gastrique. On voyait aussi quelques opercules de Mollusques gastéropodes[1] ; enfin une énorme quantité de Nématodes.

L'intestin est farci d'autres parasites (Trématodes).

On fait des macérations de pancréas et de duodénum en hachant ces organes et les faisant macérer quelques heures dans le fluorure de sodium à 2 °/₀ à la température de 40°.

On filtre ces macérations sur coton de verre et on prépare les flacons suivants :

Ferments du pancréas.

Des recherches qui ont été faites par les méthodes classiques, on peut conclure que :

1°. Ce pancréas était très pauvre en ferment des glucides.

Il contenait une amylase et une maltase peu actives.

Il ne renfermait ni inulase, ni lactase.

2°. Par contre, ce pancréas contenait une trypsine active (formation de tyrosine dont les cristaux s'accumulaient en amas blanchâtres).

Ferments de l'intestin.

Il contenait une amylase et une maltase actives, une sucrase (invertine).

Il ne contenait pas d'inulase.

Autre Phoca barbata. Stn. 1072.

C'est un animal de 210 kilogrammes tué par le Prince de Monaco à Red bay le 12 août 1899 (balle explosible dans la tête).

L'estomac de ce Phoque ne contenait pas de nourriture.

Par contre, il était rempli de boue glaciaire noire. Il renfermait aussi de nombreux Nématodes (Ascaris) fixés à la muqueuse comme chez l'animal précédent.

L'intestin hébergeait de nombreux Cestodes, les uns fixés à la muqueuse en longs rubans, les autres fragments en tronçons (*proglottis*).

On filtre ce liquide d'abord sur coton de verre, puis sur papier, et on procède au dosage de l'acidité quand on s'aperçoit avec surprise que ce liquide stomacal, loin d'être acide, est *nettement alcalin*.

[1] Le *Phoca barbata* vit surtout près de la falaise de glace qui termine les glaciers qui viennent se jeter dans la mer. Dans cet endroit abondent les petits crustacés dont il se nourrit.

La muqueuse gastrique elle-même est nettement alcaline au papier de tournesol qui est successivement appliqué sur des zones où les parasites manquent ou, au contraire, sur d'autres où les parasites sont abondants.

Ferments du pancréas.

Contrairement au précédent animal, ce pancréas contient une amylase et une maltase actives.

Il ne contient pas d'inulase.

Ferments de l'intestin grêle.

Il contient une amylase et une maltase actives.

Il renferme aussi une sucrase (invertine) très active.

Il ne contient pas d'inulase.

Conclusions. — Le pancréas et l'intestin grêle de ces Phoques renfermaient en somme les mêmes ferments solubles que les organes similaires du chien.

Ce résultat était d'ailleurs très probable à priori.

Quant à l'inulase, elle a été vainement cherchée dans le tube digestif des différents animaux.

D'autre part, l'inuline qui donne du lévulose par hydrolyse est certainement utilisée par les Mammifères et les Oiseaux.

On a montré qu'elle était hydrolysée rapidement par l'acide chlorydrique du suc gastrique pendant son séjour dans l'estomac (Bierry et Portier).

BIBLIOGRAPHIE

Bierry (H.) et Portier (P.), *Recherches sur la digestion de l'inuline*, Soc. Biol., *52*, 1900, p. 423.

IV. — VARIA.

TEMPÉRATURE DES PINNIPÈDES.

Phoca barbata. — Animal de grande taille et qui doit être âgé (dents usées).

Il est tué par le Prince de Monaco au Spitzberg (King's bay) le 13 juillet 1906 (Balle dans la tête). (Stn. 2403).

Il respire encore au moment où on fait des prises de température.

Température rectale profonde.....	35°6
Température du sang des carotides.....	35°6
Température entre les lobes du foie.....	36°2

Phoca fœtida. — Un jeune Phoque a été capturé au haveneau dans un fjord du Spitzberg. Stn. 2403.

On le conserve dans une baignoire remplie d'eau de mer sur le pont du yacht. Il refuse de manger et meurt d'inanition.

Le 26 juillet à 20 heures, alors qu'il était déjà très malade, on prend sa température rectale profonde. On trouve 31°8.

L'animal meurt dans la nuit. Il est évident qu'au moment de la prise de température, celle-ci avait déjà sensiblement baissé.

Dans la littérature scientifique, on peut relever les documents suivants sur la température des pinnipèdes.

Phoque (sans autre indication)... 38°9 (Tiedemann)

On voit donc que les chiffres que j'ai obtenus pour *Phoca barbata* examiné dans d'*excellentes conditions* sont donc notablement inférieurs aux chiffres de l'auteur précédent.

Il est difficile de connaître la cause de ce désaccord.

Peut-être y a-t-il chez ces Mammifères aquatiques une variation nycthémérale importante. Je n'ai malheureusement pas noté l'heure à laquelle la prise de température a été faite. Mais il est très probable que ce Phoque a été tué vers 22 heures.

Au mois de juillet, le soleil, au Spitzberg, reste toute la journée de 24 heures au-dessus de l'horizon ; mais à partir de dix heures du soir, ses rayons deviennent très obliques.

A ce moment, on voit les Phoques se hisser sur les icebergs de toute taille, s'allonger et s'endormir.

A condition de ne pas faire de bruit avec les avirons, on peut approcher en bateau ces Mammifères marins.

C'est l'heure à laquelle le Prince tuait d'une balle explosive dans la tête les animaux qui m'étaient indispensables pour mes expériences.

Il est donc très probable que, dans ces conditions, le Phoque examiné passait près du minimum de sa température diurne.

TEMPÉRATURE DES CÉTACÉS.

Orca gladiator. — Le 22 juillet 1902, une troupe de cinq orques se montre près du yacht *PRINCESSE ALICE* dans le détroit de Gibraltar. (Station 1267).

La température de l'air est de 23° C. ; celle de la mer, à la surface 17°5 C.

Le plus gros de ces Orques (une femelle), est tué par le Prince au harpon. Il est aussitôt remorqué et hissé à bord. Poids : 1200 kilogrammes.

On prend la température de ce Cétacé à plusieurs reprises en fonction de l'heure et en diverses régions du corps.

Voici les principaux résultats obtenus.

HEURES	RÉGIONS OU LA TEMPÉRATURE EST PRISE	TEMPÉRATURES
16h30	Rectum (région profonde)	36°7
17h05	Rectum (région profonde)	36°7
16h30	Vagin	36°5
16h40	Intérieur du cerveau[1]	36°7
16h45	Intérieur du cerveau	36°9
16h50	Intérieur du cerveau	36°9
16h55	Entre les lobes du foie	36°6
17h0	Entre les lobes du foie	36°4

On voit donc que la température de ce Cétacé prise d'ailleurs dans de très bonnes conditions était une température basse pour un Mammifère.

TEMPÉRATURE DES OISEAUX DE MER DU SPITZBERG.

Ces températures ont été prises au Spitzberg en 1906.

Sterna arctica. — (Ile Amsterdam, Smeerenburg, 19 juillet 1906). Stn. 2419. L'oiseau a une aile cassée, il est encore bien vivant.

1°). Température rectale profonde..... 39°2
2°). Température dans l'œsophage..... 38°9

Mergulus alle. — (Ile Amsterdam, 19 juillet 1906). Stn. 2419.

Exemplaire 1. — L'oiseau a été tué au fusil, on prend sa température immédiatement.

Température rectale profonde..... 42°2
Température œsophagienne..... 40°9

Exemplaire 2. — Tué le même jour dans les mêmes conditions.

Température rectale profonde..... 40°5
Température œsophagienne profonde.. 40°5

Exemplaire 3. — Tué le même jour dans les mêmes conditions.

Température rectale profonde..... 41°5
Température œsophagienne profonde.. 41°2

[1] Un des harpons avait pénétré dans l'encéphale du Cétacé. C'est par le trou laissé par le harpon que le thermomètre avait été introduit dans le cerveau.

Goélands jeunes. — (Ils sont encore couverts de duvet).

Ils ont été capturés à Cross Bay le 15 juillet 1906 et sont vivants. Stn. 2408.

Température rectale profonde..... 40°5

id. (2me exemplaire) ..... 40°6

TEMPÉRATURE DES TORTUES DE MER.

Station 1323, 7 août 1902.

Tortue de 15 kilogrammes prise à la surface de la mer (*Thalassochelys caretta*).

Elle est rapportée dans une baleinière sous un soleil ardent.

On la dépose sur le pont où elle est placée sur le dos au soleil. Elle fait de violents efforts (d'ailleurs impuissants) pour se retourner.

Elle reste environ 1/2 heure dans cette situation.

C'est à ce moment qu'on prend pour la première fois sa température.

DATES	OBSERVATIONS	TEMPÉRATURE DE LA TORTUE	TEMPÉRATURE DE L'EAU OU DE L'AIR	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES
7 août	Après exposition au soleil.....	24°7	21°7	+ 3°0
8 août	Tortue depuis la veille dans l'eau d'une baignoire de toile sur le pont du yacht	21°7	20°8	+ 0°9
13 août, 8h 1/2	La tortue est affaiblie, elle réagit moins aux excitations.....	21°85	21°25	+ 0°60
13 août, 15h		22°4	22°0	+ 0°4
13 août, 19h	A 15h10 on sort la Tortue et on la met à l'ombre sur le pont où elle reste 4 heures. Température air 22°3. On remet la Tortue dans l'eau et on reprend sa température	22°45	21°45	+ 1°0
14 août, 10h	Température prise après la pluie ...	20°75	20°0	+ 0°75
	Thermomètre enfoncé plus profondément dans l'intestin	20°90	20°0	+ 0°9
	On sort la Tortue de la baignoire et on la met 30 min. au soleil. On constate que sa température monte à 22°4..	22°4	20°0	+ 2°4
29 août	On constate que la Tortue ne pèse plus que 14 kilogr	22°3	21°6	+ 0°7
1er septembre		20°8	20°6	+ 0°2

Stn. 1399. — Une seconde Tortue (*Thalassochelys caretta*) est aperçue dormant à la surface de la mer au large de l'île San Miguel (Açores) le 29 août 1912.

On met une embarcation à la mer qui s'approche sans bruit de la Tortue. On la saisit avec un haveneau. Elle pèse 20 kilogrammes.

On prend sa température dès qu'elle est dans le bateau, donc immédiatement après sa sortie de l'eau.

DATES	OBSERVATIONS	TEMPÉRATURE DE LA TORTUE	TEMPÉRATURE DE L'EAU OU DE L'AIR	DIFFÉRENCE DES TEMPÉRATURES
29 août	Température du rectum.....	22°7	21°55	+ 1°15
	Température prise plus profondément	22°9	21°55	+ 1°35
29 août	La Tortue a été mise dans la baignoire avec la première. Elles se battent.....	23°1	21°6	+ 1°5
1er sep., 11h 1/2		21°7	21°2	+ 0°5

Ces observations nous permettent, semble-til, de tirer les conclusions suivantes :

1° Quand la Tortue de mer est immergée dans l'eau, sa température interne surpasse celle du milieu ambiant d'environ un demi-degré centigrade, avec des variations qui peuvent aboutir à un maximum de un degré et un minimum de 2/10e de degré (différences avec la température ambiante).

2° Si la Tortue est mise à sec et placée au soleil, sa température peut monter à trois degrés au-dessus de celle de l'air.

Souvent la Tortue flotte sur la mer ensoleillée lorsqu'elle dort ; c'est un fait bien connu des naturalistes et aussi des matelots. On constate alors que sa température surpasse celle de la mer de plus de un degré, ordinairement un degré et demi.

C'est un fait qui a déjà été constaté chez d'autres reptiles, par exemple l'*Alligator*, qui reste étendu sur le sable des rives jusqu'à ce que sa température interne monte aux environs de 35 à 36 degrés. Il est alors remarquablement actif et agile et se jette à l'eau pour capturer les proies dont il fait sa nourriture.

Ces reptiles en emmagasinant les radiations solaires qui tombent directement sur leurs téguments obtiennent une température interne relativement élevée ; leur métabolisme se trouve ainsi exalté et le fonctionnement de leur système musculaire se fait dans de bien meilleures conditions.

Chez les homéothermes au contraire, ce sont seulement les *réactions internes* qui peuvent élever la température du milieu intérieur.

Il ne faudrait d'ailleurs pas conclure de ces faits que les radiations calorifiques du milieu extérieur peuvent constituer une source d'énergie utilisable pour l'être vivant.

Nous le répétons, le pœcilotherme qui recueille et emmagasine ces radiations voit son métabolisme s'exalter ; il n'a pas recueilli de l'énergie ; il dépense au contraire une plus grande quantité de l'énergie qu'il s'est procurée au moyen des aliments.

TEMPÉRATURE DES POISSONS.

La plupart de ces températures ont été prises durant la campagne de 1901 aux îles Canaries et aux îles du Cap Vert.

Mr Charles Richet a participé à un grand nombre de ces déterminations.

Nous avons pris toutes les dispositions pour qu'elles soient réalisées dans les meilleures conditions.

L'exactitude du thermomètre au 1/20e de degré avait été vérifiée. La température du poisson était prise dès qu'il était sorti de la mer, et on faisait en sorte d'éviter toute cause d'échauffement du poisson (contact avec la main ou un objet à température un peu élevée).

ESPÈCES DE POISSONS	TEMPÉRATURE DU POISSON	EXCÈS DE LA TEMPÉRATURE DU POISSON SUR CELLE DE LA MER
Petit Rouget	23°8	0°0
Gros Rouget	23°9	+ 0°1
Gros Rouget	23°9	+ 0°1
Grosse Dorade	24°35	+ 0°55
Requin	24°2	+ 0°4
Requin	24°2	+ 0°4
Requin vivant	24°2	+ 0°4
Requin vivant	24°2	+ 0°4
Requin vivant	24°25	+ 0°45
Gros Requin (*Charcharias* ♂) pris à la ligne. Stn. 1218	27°5	+ 0°4
Gros *Charcharias* ♀	27°7	+ 0°3

On voit que les poissons de petite taille ont une température qui est presque exactement celle de l'eau environnante ; elle ne la surpasse pas de plus de 0,1 degré.

Les poissons de grande taille comme les Requins ont une température qui surpasse celle du milieu de près de 0,5 degré.

Il faut d'ailleurs tenir compte de ce fait que la température de la mer était toujours élevée puisqu'elle variait de 24 à 27 degrés.

On sait que si la température de l'eau est basse, la différence entre la température du poisson et celle de son milieu s'atténue et finit même par s'annuler presque entièrement.

Nous allons voir que les Scombridés, les Thons en particulier ont une température beaucoup plus élevée que celle des autres poissons.

Température des Thons (*Germons*) (Thynnus alalonga).

Au cours de la campagne de la *PRINCESSE ALICE* en 1902 dans le golfe de Gascogne, j'ai eu l'occasion de prendre la température de plusieurs Germons.

Ces poissons étaient capturés à la ligne et leur température était prise dès qu'ils étaient déposés sur le pont du yacht.

Voici les résultats de ces observations :

1°). 12 septembre 1902. Stn. 1437.

Thynnus alalonga de 2 kilog. 070.

Température rectale profonde.....	21°2 à 21°6
Température de la mer.....	18°8

Excès de la température du poisson + 2°4 à 2°8.

2°). 13 septembre 1902. Stn. 1438.

Thynnus alalonga de 15 kilog.

Température rectale.....	21°0
Température rectale profonde.....	28°0
Température entre les lobes du foie.....	26°0
Température dans la masse des muscles dorsaux.	24°0
Température de la mer.....	18°0

Excès maximum de la température du poisson sur celle de l'eau ambiante + 10°0.

On remarquera que la température la plus élevée (28°) a été constatée dans la portion d'intestin qui est en contact avec la puissante masse musculaire dorsale.

3°). 13 septembre 1902. Stn. 1438.

Thynnus alalonga de 2 kilog. 5.

Température rectale profonde.....	24°9
Température entre les lobes du foie...	26°5
Température de la mer.....	18°2

Excès maximum de la température du poisson + 8°3.

4°). 14 septembre 1902. 5 heures matin. Stn. 1440.

Cinq Germons sont capturés à la ligne. Dès qu'ils sont déposés sur le pont, on prend leur température entre les lobes du foie.

Thon N° 1.....	20°5
Thon N° 2.....	21°5
Thon N° 3.....	20°0

Thon N° 4..... 19°5
Thon N° 5..... 19°6
Température rectale profonde..... 21°5
Température de la mer..... 16°4

Excès maximum de la température du poisson + 5°1.

5). 14 septembre 1902. 8 heures matin. Stn. 1440.

Quatre Thons sont de nouveau capturés. Cette fois on prend leur température d'une part entre les lobes du foie, d'autre part dans la partie profonde de la masse musculaire dorsale. Comme on a déjà brisé plusieurs thermomètres en essayant de réaliser cette dernière prise de température, le mécanicien du bord nous confectionne un tube d'acier creux, terminé en pointe et percé de trous sur sa partie inférieure. Le thermomètre au 1/10e de degré, contenu dans ce tube peut être enfoncé dans la masse musculaire dorsale du poisson qui est animée d'un frémissement continu.

Voici les résultats obtenus sur les quatre Thons.

Thon N° 1 :
Température au niveau du foie..... 21°0
Température dans les muscles dorsaux ... 25°5

Thon N° 2 :
Température au niveau du foie..... 20°6
Température dans les muscles dorsaux ... 24°0

Thon N° 3 :
Température au niveau du foie..... 24°0
Température dans les muscles dorsaux ... 26°6

Thon N° 4 :
Température au niveau du foie..... 23°9
Température dans les muscles dorsaux ... 26°7
Température de la mer..... 17°6

On voit donc que :

1° La température dans la partie profonde de la masse musculaire dorsale est toujours plus élevée que la température au niveau du foie.

2° La température de la masse musculaire surpasse celle de l'eau de mer de 6°5 à 9°2.

3° Il y a aussi un facteur qui semble jouer un rôle important, c'est la taille du poisson.

Comme nous l'avons déjà fait remarquer à propos des poissons examinés antérieurement, les gros poissons, toutes choses égales d'ailleurs, ont une température plus élevée que celle des poissons de petite taille.

La température de tous les Germons examinés a été prise après leur sortie de l'eau. Pendant qu'ils sont immergés, leurs contractions musculaires sont si violentes qu'il m'a été impossible, malgré plusieurs tentatives, de prendre la température avec précision.

Étant donnée la présence sous la peau d'une couche de graisse de couverture, il ne me semble pas douteux que la température du poisson soit sensiblement plus élevée que celle de l'eau environnante. Cet excès de température doit atteindre 7 ou 8 degrés.

Comme le montre le maximum observé au milieu des puissants muscles dorsaux, cette température tient à l'accumulation de calories qui sont surtout un résidu de la contraction musculaire.

J. Davy avait déjà observé il y a longtemps cet excès remarquable de la température de certains Scombridés sur le milieu ambiant. Il avait trouvé que cet excès atteignait 10 degrés chez la Bonite et au moins 7 degrés chez quatre individus de *Pelamys sarda*.

Ces constatations avaient été révoquées en doute, mais on voit qu'elles méritent toute créance.

MÉCANISME DE LA FORMATION DU « SOUFFLE » DES CÉTACÉS.

On sait qu'on désigne les Cétacés de grande taille sous le nom de « Cétacés souffleurs ».

Cette expression rappelle une des particularités les plus frappantes de ces animaux : celle de lancer dans l'atmosphère un panache blanchâtre. Cette expiration du Cétacé est accompagnée d'un bruit strident qui s'entend à plusieurs milles de distance. La hauteur du panache, les caractères du bruit qui l'accompagnent permettent aux baleiniers exercés de reconnaître l'espèce de Cétacés à laquelle on a à faire.

Mais qu'est-ce au juste que ce « souffle » ?

Les opinions les plus variées ont été émises à ce sujet.

Les anciens naturalistes : Aristote, Pline, n'avaient aucune hésitation, ils affirmaient que le Cétacé lançait par ses évents deux jets d'eau de mer et ceux-ci étaient si bien fournis que des bateaux passant à proximité des Cétacés s'étaient emplis d'eau et avaient coulé.

Il y a cent ans, en 1836, Frédéric Cuvier, le frère de l'illustre anatomiste professait encore la même opinion.

Aujourd'hui tous les biologistes ont abandonné la croyance au jet liquide. Racovitza, le naturaliste de la *Belgica* à qui nous devons des travaux remarquables sur les Mammifères marins de l'Antarctique a écrit sur le sujet que nous traitons les lignes suivantes : « Le 28 janvier 1898, la *Belgica* était dans la baie Charlotte (Détroit de Gerlache). Nous étions entourés d'un très grand troupeau de Mégaptères et je me tenais avec l'appareil photographique, sur une passerelle, qui débordait de deux mètres environ le plat-bord du navire. Un des Mégaptères apparut brusquement sous la passerelle pour souffler, et je fus plongé en entier dans l'expiration de l'animal. Dans ces conditions, j'étais bien à même de savoir

si les Mégaptères rejettent de l'eau ou de l'air. Eh bien ! je puis assurer à Dahl, Bruce, et à tous ceux qui s'obstinent à rester les élèves d'Aristote et de Pline, qu'il n'y avait pas une goutte d'eau dans l'expiration dudit Cétacé. Je fus frappé au visage par un vent chaud[1] et humide, d'une odeur fétide sur laquelle je reviendrai plus loin ».

Ainsi, aucun doute sur la nature du « souffle », c'est de l'air saturé de vapeur d'eau qui se condense ; quant à l'odeur fétide, elle est due aux particules alimentaires retenues par les fanons qui garnissent la cavité buccale, débris alimentaires qui sont envahis par les bactéries de la putréfaction.

Cependant ces constatations ne suffisent pas à expliquer le mécanisme du souffle.

Dans les contrées polaires, lorsque la température est très basse, tous les Cétacés ont un souffle visible. Au contraire, dans les zones tempérées ou dans les mers tropicales, seuls les gros Cétacés (Balénoptères, Cachalots) ont un souffle visible et même visible de très loin. Les petits Cétacés comme les Marsouins n'ont pas de souffle.

Quelle est la raison de cette différence ?

J'ai proposé l'explication suivante : lorsque le Cétacé plonge sous la surface de la mer pour capturer les animaux qui constituent sa nourriture, il subit une pression qui est fonction de la profondeur à laquelle il pénètre.

Ce n'est point le lieu de discuter qu'elle est cette profondeur, mais on peut admettre qu'elle est supérieure à 20 mètres. Or, les physiciens nous enseignent que si on comprime une masse d'air à deux atmosphères et qu'on la détende brusquement, la température de cet air tombe à 33 degrés au-dessous de zéro[2].

Or, quand un gros Cétacé émerge après sa plongée, l'air s'échappe par l'évent avec une telle violence que la colonne de vapeur s'élève à plus de 15 mètres de hauteur ; il a donc conservé en grande partie dans son poumon la pression atteinte pendant la plongée. C'est donc, semble-t-il, sous l'influence du refroidissement considérable dû à la détente que la vapeur d'eau se condense dans le souffle, et on comprend que le phénomène doit se produire même dans les mers tropicales.

Cette théorie a été acceptée par Racovitza dans son ouvrage sur les Cétacés de l'Antarctique ; mais je désirais la soumettre à une vérification précise.

Une occasion favorable s'offrit le 22 juillet 1902 dans les parages de Gibraltar.

Ce jour là, la *PRINCESSE ALICE* rencontre une troupe de cinq Orques, deux adultes et trois jeunes. Le Prince décide de tenter d'en harponner un[3].

[1] Le souffle a semblé chaud à Racovitza sans doute par comparaison avec l'air environnant qui était vraisemblablement à une température très basse qui n'est pas indiquée.

[2] On sait d'ailleurs que c'est ce froid produit par la détente qui a permis à un physicien français Cailletet de liquéfier en 1877 les gaz dits « permanents » à cette époque.

[3] Un épisode de cette chasse a été peint par Louis Tinayre qui était à bord. Le tableau existe sur le mur du fond du grand amphithéâtre de l'Institut Océanographique de Paris.

Je demande au Prince qui va voir les Cétacés de très près de vouloir bien examiner avec soin le souffle des adultes et des jeunes.

Je note d'autre part la température de l'air qui est à 23 degrés centigrades.

Voici le résultat des observations du Prince.

1°. — Les deux grands Orques ont un souffle très visible même de loin ; nous voyons en effet ce souffle du yacht sur lequel nous sommes restés pendant que le Prince poursuit les Cétacés dans une baleinière [1].

Ce souffle existe non seulement pour l'expiration qui suit le retour de la plongée, mais même pour les respirations de surface.

2°. — Les trois petits Orques ont un panache très faible qu'on ne peut apercevoir que lorsqu'ils viennent émerger très près de la baleinière à leur retour de la profondeur. Il n'existe pas trace de panache dans les respirations de surface.

En somme le panache, la condensation, ne se produisent que si la compression dans la cage thoracique, donc la détente, ont une valeur suffisante.

Il semble donc bien que la théorie proposée soit vérifiée.

OBSERVATIONS FAITES AU SPITZBERG SUR UN JEUNE PHOQUE.

Le sommeil des Mammifères marins.

Durant la campagne dirigée par le Prince de Monaco en juillet-août 1906 un jeune Phoque fut capturé dans un des fjords du Spitzberg [2].

La manière dont on put s'emparer du jeune animal mérite d'être relatée.

Des matelots passaient dans une embarcation sur l'eau du fjord lorsque le jeune Phoque émergea par hasard à quelque distance.

Un des hommes eût l'idée de siffler, et aussitôt l'animal se rapprocha de la baleinière autour de laquelle il se mit à nager, la tête hors de l'eau.

Les matelots ne possédant aucun engin leur permettant de capturer le Phoque rejoignirent le yacht qui était à l'ancre à quelques centaines de mètres. Ils prirent un haveneau de dimensions suffisantes et revinrent à l'endroit où ils avaient aperçu le Mammifère marin.

Ne le voyant pas, ils se mirent à siffler et de nouveau, celui-ci s'approcha avec confiance de l'embarcation et se laissa facilement capturer au moyen du filet.

Placé dans une baignoire sur le pont de la *PRINCESSE ALICE*, le jeune animal se montra d'emblée très confiant ; il avait des allures de jeune chien et s'approchait de la personne qui faisait entendre un sifflement près de la baignoire.

[1] Ce souffle se voit nettement sur la photographie (Pl. II, fig. 4 du Fasc. XCIV des Rés. Camp. Scient.) prise par le Dr Richard qui était dans la baleinière.

[2] Ce Phoque en raison de son jeune âge n'a pu être déterminé avec une entière certitude ; mais il appartenait très probablement à l'espèce *Phoca fœtida*.

Il passait la plus grande partie de la journée immergé dans l'eau de mer de la baignoire jouant avec les poissons vivants qu'on lui fournissait. Dans cette poursuite dans l'eau, il conservait toujours les yeux ouverts.

Vers 11 heures du matin, et surtout les jours de beau soleil, il montait sur une planche placée au-dessus de l'eau à une extrémité de la baignoire, et dormait pendant quelques heures ; il avait alors les yeux fermés et l'attitude d'un jeune chien.

Durant la période correspondant à la nuit dans les latitudes moyennes[1], le jeune Phoque s'étendait souvent encore sur sa planche pour dormir. D'ailleurs dans ces mêmes heures de nuit ensoleillée, on voyait de tous côtés des Phoques adultes dormant étendus sur les glaçons qui flottaient sur la mer.

Mais, certains jours, m'approchant sans bruit de la baignoire vers 2 heures du matin, je trouvais l'animal endormi. Il était alors complètement immergé, les *yeux fermés*, l'axe du corps un peu oblique, l'extrémité de ses membres postérieurs touchant le fond de la baignoire.

Toutes les deux minutes environ, on voyait ses côtes se soulever, sa poitrine se dilater progressivement, ses narines immergées restant fermées grâce à leur sphincter. L'animal diminuant de densité montait lentement dans l'eau.

Au moment où ses narines affleuraient la surface, elles s'ouvraient et une expiration brusque se produisait suivie coup sur coup de plusieurs inspirations et expirations successives.

A la suite d'une inspiration plus profonde, le sphincter nasal se fermait, les côtes s'abaissaient, et, le thorax diminuant de volume, la densité de l'animal augmentait et on le voyait redescendre lentement sous la surface de l'eau.

Tous ces mouvements se faisaient sans que le sommeil fût interrompu, les yeux restant constamment fermés.

En somme, ces *mouvements réflexes* de dilatation et de réduction de la cage thoracique provoquaient les alternatives d'émersion et d'immersion de l'extrémité nasale de l'animal qui lui permettaient de continuer à respirer pendant le sommeil.

Les mêmes faits se passent-ils dans la nature ? Cela ne me semble pas douteux.

Il m'arrivait fréquemment, étant assis sur le bord d'un fjord dont l'eau, à cette époque de l'année, est presque toujours unie comme un miroir, de voir des rides concentriques de la surface se former à partir d'un point donné situé à vingt ou trente mètres par exemple.

Il se produisait une faible agitation qui durait quelques secondes, qui n'était accompagnée d'aucun bruit, puis tout rentrait dans le calme.

Mais le même phénomène se renouvelait rythmiquement avec une régularité parfaite, toutes les trois minutes environ.

[1] Nous étions à la latitude de près de 80 degrés ; le soleil restait donc, à cette époque, toute la journée au-dessus de l'horizon.

Il suffisait, quelques secondes après la cessation du léger remous, d'envoyer dans cette zone un coup de fusil chargé de petits plombs[1] pour voir apparaître la tête d'un Phoque.

Il ne me semble pas douteux que celui-ci avait été tiré brusquement de son sommeil.

Les Phoques peuvent donc dormir soit hors de l'eau, et étendus sur les glaçons plats, ce qui est, je crois, la manière la plus fréquente, soit dans l'eau et alors, ils respirent par la méthode décrite, sans se réveiller, et comme nous le faisons nous-même par un simple jeu de réflexes.

On a longuement discuté sur la possibilité et le mécanisme du sommeil des Cétacés.

Certains naturalistes ont prétendu que, fatigués, ils se laisseraient tomber sur le fond de la mer pour y dormir.

C'est une absurdité qu'il est inutile de se donner la peine de réfuter.

D'autres biologistes pensent que les Cétacés ne dorment jamais. On aurait vu certains de ces Mammifères marins suivre des bateaux pendant de longs trajets, d'Angleterre au Cap de Bonne-Espérance par exemple.

On ne peut pas nier à priori un tel fait ; mais il semble bien invraisemblable aux navigateurs et aux naturalistes qui ont observé les Mammifères marins.

Ce qui nous semble possible, c'est que les Cétacés dorment, soit à la manière décrite pour le Phoque, soit même en continuant de progresser lentement, en restant près de la surface, par une série de mouvements réflexes. Ils émergeraient de temps en temps pour accomplir quelques mouvements respiratoires ; tous ces déplacements resteraient bien entendu, pendant le sommeil, tout à fait inconscients.

Graisse de réserve et graisse de couverture.

Les Mammifères marins, et, en particulier, ceux des régions polaires vivent plongés dans un bain qui est à une température voisine de 0°.

Un Mammifère ordinaire succomberait rapidement dans ces conditions en raison des pertes considérables de calorique qu'il ne pourrait pas compenser.

Le Mammifère marin possède une épaisse couche de graisse déposée dans le derme ; elle constitue un écran isolant grâce auquel son homéothermie est conservée.

Le petit Phoque conservé quelque temps en captivité ne mangeait pas les poissons qui lui étaient offerts. J'ai eu souvent l'occasion au Spitzberg d'examiner le tube digestif de Phoques adultes qui vivent dans les fjords et surtout au voisinage du front des glaciers.

[1] On tirait à petits plombs et lorsque l'animal avait disparu sous la surface, pour éviter de le blesser. Jamais nous n'avons tué sans nécessité un de ces animaux si confiants et si intéressants.

Je n'ai jamais trouvé de poissons dans leur estomac, mais seulement des Crustacés, souvent en très grande quantité, et parfois une vase noirâtre.

Le jeune Phoque privé de nourriture maigrit progressivement, et, au bout d'une quinzaine de jours, il succombait en présentant tous les symptômes de la mort par inanition : perte de poids, baisse de température (31°8 le 26 juillet au soir et la mort arriva dans la nuit du 27 au 28 juillet).

A l'autopsie, on peut constater ce fait remarquable que la graisse des organes, en particulier celle qui entoure normalement les reins et qui est très abondante, avait complètement disparu.

Par contre, l'épaisse couche de graisse dermique (graisse de couverture) avait conservé très sensiblement la même épaisseur que chez les animaux normaux. La fonction protectrice de cet écran adipeux avait donc pu s'exercer jusqu'à la mort.

Il y a là évidemment l'amorce de recherches sur la différence des qualités physiques et chimiques qui existent vraisemblablement entre la graisse de réserve et la graisse de couverture.

RAPPORT DU POIDS DU FOIE AU POIDS DU CORPS CHEZ LES POISSONS.

Charles Richet, le premier, a bien montré l'intérêt de l'étude du poids du foie comparé soit à la surface, soit au poids de l'animal entier.

Il a établi en particulier que chez les homéothermes (Chien), le rapport du poids du foie à la surface du corps conservait une valeur constante quel que soit le poids de l'animal considéré.

Ce rapport reste sensiblement constant pour des chiens qui varient de 4 à 30 kilogrammes.

Par contre, le rapport du poids du foie au poids du corps varie avec la grosseur de l'animal considéré. Ce rapport est plus considérable chez les petits animaux que chez les gros, c'est-à-dire que les petits animaux ont un foie proportionnellement plus gros que les animaux de grande taille appartenant à la même espèce.

Par exemple, un chien de 5 kilogrammes aura un poids de foie représenté par le chiffre de 4,24 pour 100 grammes d'animal ; par contre un chien de 30 kilogrammes aura un poids de foie représenté par 2,20 pour la même référence.

Voici quelques données recueillies par Ch. Richet dans la série animale. Les chiffres correspondent au poids du foie pour 100 grammes du poids du corps.

Souris, Rats	5,1
Lapins	4,2
Chiens	3,61
Homme	2,95
Bœuf	1,31

Ch. Richet a déterminé le même rapport chez quelques poissons.

Voici ses chiffres :

	Pour 100 grammes du corps
4 Squales de 1.500 grammes	5,8
1 Roussette de 4.055 grammes	4,8
1 Congre de 3.100 grammes	1,3
Moyennes....	3,9

Au cours de la campagne de 1903, j'ai eu l'occasion de faire quelques déterminations sur le sujet qui nous occupe.

Je donne ici le résultat de ces recherches :

ESPÈCE ANIMALE	POIDS DU CORPS (FOIE COMPRIS) EN KILOGRAMMES	POIDS DU FOIE SEUL EN KILOGRAMMES	POIDS DU FOIE POUR 100 GRAMMES DE CORPS
Pristiurus melanostomus			
N° 1, ♀.....	0,360	0,008	2,22
N° 2, ♀.....	0,489	0,019	3,88
N° 3, ♀.....	0,370	0,0085	2,29
N° 4, ♂	0,738	0,038	5,14
			moyenne : 3,38

Nous trouvons donc pour cette espèce d'Elasmobranche des chiffres qui sont très voisins de ceux de Ch. Richet.

ESPÈCE ANIMALE	POIDS DU CORPS (FOIE COMPRIS) EN KILOGRAMMES	POIDS DU FOIE SEUL EN KILOGRAMMES	POIDS DU FOIE POUR 100 GRAMMES DE CORPS
Centrophorus			
N° 1, ♀.....	14	2,367	16,9
N° 2, ♀.....	15	2,29	15,2
N° 3, ♀.....	17	2,32	13,6
N° 4, ♀.....	12	1,92	16,0
N° 5, ♂	9,5	1,66	17,53
N° 6, ♂	6,3	1,35	21,42
N° 7, ♂	5,0	1,25	25,0
N° 8, ♂	7,4	1,76	23,8
N° 9, ♂	5,15	1,44	27,9
N° 10, ♂	4,60	1,213	26,36
N° 11, ♀.....	6,200	0,837	13,50
			moyenne : 19,74

On voit que pour cette espèce d'Elasmobranche, le foie rapporté au poids de l'animal est considérablement plus développé que chez tous les autres poissons du même groupe qui ont été examinés jusqu'ici.

Il est difficile actuellement de connaître les raisons d'une telle différence.

Il serait intéressant de continuer ces recherches et de faire notamment des déterminations chez les Scombridés qui présentent une intensité de vie et même une élévation de température très marquée au-dessus de celle du milieu externe.

BIBLIOGRAPHIE

Davy (John), *On the temperature of some fishes of the genus* Thynnus, *Researches physiolog. and anatom.*, vol. 1, p. 218. London. Smith, 1839.

Davy (J.), *Miscellaneous Observations on Animal Heat*, Philosoph. Trans., 1844, p. 57.

K..., *Die Körpertemperatur der Wale*, Umschau, *39*, 1935.

Pearse (A. S.) and Hall (F. G.), *Homoiothermism*, New York, John Wiley and Sons, 1928.

Portier (P.), *Les Cétacés*, La Science au xx^me^ siècle, décembre 1905.

Portier (P.), *Observations faites au Spitzberg sur un jeune Phoque conservé en captivité*, Soc. Biol., *62*, 1907, p. 608.

Portier (P.), *Température des Vertébrés marins, en particulier des poissons du groupe des Thons*, Soc. Biol., *64*, 1908, p. 400.

Racovitza (Emile G.), *Cétacés*, Résultats du voyage du S. Y. *Belgica* en 1897-1898-1899. *Fasc. R. 9*. Imprimerie Buschmann. Anvers, 1903.

Richard (Jules), *Documents sur les Cétacés et Pinnipèdes provenant des campagnes du Prince Albert I^er^ de Monaco*, Résultats des Campagnes scient. Fasc. *94*, 1936.

Richet (Ch.), Article *Foie*, Dictionnaire de Physiologie, tome vi, 1904, p. 634.

Tiedemann, *Physiologie*, vol. 1, p. 454.

TABLE DES MATIÈRES

		Pages
	Introduction	3
I.	Recherches sur le milieu intérieur des animaux marins	3
	Concentration moléculaire des liquides des oiseaux et mammifères marins	7
	Recherches sur le milieu intérieur du *Cottus groenlandicus* des fjords du Spitzberg	14
	Révision des travaux sur le milieu intérieur exécutés dans le laboratoire de l'Institut Océanographique	40
	Bibliographie	53
II.	Recherches chimiques sur le sang et les ferments du sang des animaux marins	57
	Sucre du sang et ferments solubles du sang des animaux marins	57
	Recherches sur la monobutyrase du sang des animaux marins	61
	Recherches sur la glycolyse	65
	Bibliographie	69
III.	Ferments du tube digestif des animaux marins	70
	Bibliographie	71
IV.	Varia	71
	Température des Pinnipèdes	71
	Température des Cétacés	72
	Température des Oiseaux de mer du Spitzberg	73
	Température des Tortues de mer	74
	Température des Poissons	76
	Température des Thons (Germons) (*Thynnus alalonga*)	77
	Mécanisme de la formation du « souffle » des Cétacés	79
	Observations faites au Spitzberg sur un jeune Phoque	81
	Le sommeil des mammifères marins	81
	Graisse de réserve et graisse de couverture	83
	Rapport du poids du foie au poids du corps chez les Poissons	84
	Table des matières	87